

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MÉTA-MODÈLE BASÉ SUR DES ONTOLOGIES POUR UN HABITAT
INTELLIGENT DÉDIÉ À DES PERSONNES EN PERTE D'AUTONOMIE
COGNITIVE

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN INFORMATIQUE COGNITIVE

PAR

FATIHA LATFI

SEPTEMBRE 2015

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

TELEHEALTH SMART HOMES ONTOLOGY BASED META-MODEL
DEDICATED TO ELDERLY PEOPLE WITH LOSS OF COGNITIVE
AUTONOMY

THESIS

PRESENTED

AS PARTIAL REQUIREMENT

OF THE DOCTORATE OF COGNITIVE INFORMATICS

BY

FATIHA LATFI

SEPTEMBER 2015

REMERCIEMENTS

Ma reconnaissance sans limites ainsi que mes remerciements s'adressent tout d'abord aux deux personnes qui ont joué un rôle clé dans la réalisation de cette thèse. Il s'agit de Monsieur Bernard Lefebvre, Professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM) en sa qualité de directeur de recherche et, Monsieur Jean-Guy Meunier, professeur au département de philosophie à l'UQAM, à titre de co-directeur de recherche. Je ne vous remercierai jamais assez d'abord pour avoir cru en moi mais aussi pour vos conseils, vos directives ainsi que votre patience sans limite, qui m'ont permis de surmonter de nombreux obstacles et d'aller jusqu'au bout du présent travail. Messieurs, je vous rends un *hommage spécial*!

Mes remerciements vont aussi à tous les membres du jury qui ont pris le temps d'évaluer ma thèse, malgré leurs emplois du temps trop chargés. Je fais référence à Mr Pierre Poirier, professeur au département de philosophie de l'UQAM et président du jury ; Mr Charles Gouin-Vallerand, professeur, UER Science et technologie, TÉLUQ et, Mr Vincent Rialle, Maître de conférence et praticien hospitalier, Université Joseph Fournier et Centre Hospitalier et Universitaire de Grenoble, France.

Deux personnes ont contribué à la réalisation de cette thèse, chacune à sa manière et méritent des remerciements spéciaux. Céline Descheneaux, par le biais de sa thèse de maîtrise et Mohamed Frendi pour son support moral et technique.

Des pensées spéciales sont dirigées vers mes très chères Rachida Lotf, Hayet Laggoune, Fatiha Arbane et Inès Dimassi pour leur présence et leur accompagnement inconditionnels tout au long de ce projet, chacune à sa manière ; Wafaa qui a joué le

rôle de la journaliste et a transmis presque la totalité de ma soutenance à ses parents au Maroc et finalement Hadj, pour être et avoir été un frère pour moi.

Je n'oublierai sûrement pas l'équipe extraordinaire du laboratoire GDAC, principalement Usef, Mimoun, Vincent, Daniel, Khaled, Patrick qui m'ont soutenue durant les moments difficiles, ainsi que mes amis Djifa Ahadou, Ghizlane Elboussaidi, Rachida Benouattaf, Saida Elkouzdah et Sébastien Caron.

Merci à tous les membres du département informatique et du DIC, particulièrement Mylène Dagenais ainsi qu'Élisabeth Lindsay pour leur précieux soutien, conseils et accompagnement tout au long de ce parcours. D'autres femmes exceptionnelles ont fait de mon cheminement tortueux, un trajet presque normal. Il s'agit de Johanne Gélinas, Sylvie Bisson, Annick Dumais et Lise Arseneault. Mesdames où que vous soyez, MERCI.

Je dois aussi souligner l'aide précieuse que le soutien financier de mon directeur et celui du département m'ont apportée.

Je ne pourrai passer sous silence le soutien et l'encouragement sous différentes facettes de mon équipe au bureau. Un grand merci à ma directrice Monica Fuijkschot, ma gestionnaire Suzanne Razeau (pour sa compréhension, son support et sa patience), mes co-équipières Marie-France Larocque (pour sa confiance), Annie Savoie (aussi pour avoir pris le temps de passer en revue ma présentation et ses précieux commentaires), Carmen Chaman, Marie-France Martel, Danielle Desloges, Frédérique Marais, Ioana Perneci, Kelly Weste-Glover, Laina Rutledge, Lula Nur, Martine Pichette, Ngosa Chitomfwa, Patrice McCoy et Daniel Raymond. Que toute personne dont j'ai oublié de citer le nom me le pardonne.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, se reconnaissent dans ces lignes. Merci à toutes ces personnes.

DÉDICACE

À la mémoire de ma mère biologique (Aïcha).

Je dédie aussi le fruit de ce travail à ma mère (Fatima),
mes enfants Amir, Yasser et Mounir
ainsi qu'à mon frère Abderrahim (et sa famille).

À tous, je vous dis un très grand merci pour m'avoir accompagnée
tout au long de ce processus, que très souvent je pensais sans fin.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
RÉSUMÉ	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Généralités, contexte et objectifs de la recherche	1
Objectifs de la recherche – défis, limites et hypothèses	2
Parcours de la thèse	4
PARTIE I	6
MISE EN CONTEXTE & PROBLÉMATIQUE.....	6
CHAPITRE I.....	7
MISE EN CONTEXTE : LE VIEILLISSEMENT ET LA MALADIE D’ALZHEIMER	7
1.1 Introduction.....	7
1.2 Le vieillissement cognitif	8
1.2.1 Vieillissement du cerveau	9
1.2.2 Vieillissement cognitif	10
1.3 Contexte spécifique : La maladie d’Alzheimer	16
1.3.1 La maladie d’Alzheimer.....	16
1.3.2 Profil d’une personne atteinte de l’Alzheimer	21
1.4 Conclusion	27

CHAPITRE II	29
HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ	29
2.1 Introduction.....	29
2.2 Concept d'intelligence et controverse l'entourant.....	30
2.2.1 Concept d'intelligence : différentes approches théoriques	31
2.2.2 En quoi l'intelligence humaine diffère-t-elle de celle artificielle?.....	32
2.2.3 Définitions.....	33
2.3 Objectifs et défis du HIT	37
2.3.1 Aspect humain.....	39
2.3.2 Défis techniques	40
2.3.3 Défis cognitifs	44
2.4 Avancées technologiques.....	46
2.5 HIT - Techniquement parlant	48
2.5.1 Structure de l'Habitat	49
2.5.2 Quelques exemples.....	50
2.6 Considérations éthiques.....	55
2.7 Conclusion	56
CHAPITRE III	57
ONTOLOGIES ET REPRÉSENTATION DE LA CONNAISSANCE	57
3.1 Introduction.....	57
3.2 Origine de l'ontologie : la philosophie	59
3.2.1 Ontologie et métaphysique.....	59
3.2.2 Ontologie (Ontology) vs ontologie (ontology).....	60
3.2.3 Ontologie et philosophie ontologique	62

3.2.4 Courants philosophiques	63
3.2.5 Ontologie formelle vs ontologie matérielle.....	64
3.3 Nouveau territoire de l'ontologie : l'intelligence artificielle.....	66
3.3.1 Ontologie, centre d'intérêt de la communauté du Web.....	66
3.3.2 Représentation des connaissances	67
3.3.3 Ontologie : définitions.....	74
3.3.4 Objectifs et utilité de l'ontologie.....	75
3.3.5 Une ontologie vs taxonomie et terminologie	77
3.3.6 Conceptualisation.....	79
3.3.7 Structure de l'ontologie.....	81
3.3.8 Types d'ontologies	83
3.3.9 Différents niveaux d'ontologie	85
3.4 Construction de l'ontologie	87
3.4.1 Étapes	87
3.4.2 Évaluation de l'ontologie	91
3.5 Conclusion.....	91
PARTIE II.....	93
APPLICATION, ÉVALUATION ET VALIDATION.....	93
PARTIE II - SECTION I.....	94
ARCHITECTURE ONTOLOGIQUE DE L'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ.....	94
CHAPITRE IV	96
LES ONTOLOGIES DE L'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ	96
4.1 Introduction.....	96
4.2 Modularité et Sciences Cognitives	98

4.3	Modularité et Informatique (génie logiciel)	99
4.4	Modularité et Ontologies	99
4.5	Conclusion	101
CHAPITRE V		102
ASPECT STRUCTUREL ET MATÉRIEL		102
5.1	Introduction.....	102
5.2	Ontologie de l'Habitat	104
5.3	Ontologie de l'Équipement.....	105
5.3.1	Introduction	105
5.3.2	Ontologie de l'équipement, un élément de l'architecture ontologique du HIT	107
5.3.3	Structure de l'ontologie de l'équipement définie à l'aide de Protégé-OWL	110
5.3.4	Les capteurs.....	115
5.4	Conclusion	121
CHAPITRE VI		122
ASPECT HUMAIN ET COMPORTEMENTAL		122
LA PERSONNE ET SON COMPORTEMENT		122
6.1	Introduction.....	122
6.2	Ontologie de la personne	123
6.2.1	Introduction	123
6.2.2	Structure de l'ontologie.....	123
6.3	Ontologie du comportement	127
6.3.1	Introduction	128
6.3.2	Structure de l'ontologie.....	129
6.4	Conclusion	131

CHAPITRE VII.....	132
ASPECT DECISIONNEL	132
7.1 Ontologie de la tâche	132
7.1.1 Introduction	133
7.1.2 Ontologie de la Tâche	134
7.2 Ontologie des applications logicielles	138
7.3 Ontologie de la décision	144
7.4 Ontologie des événements	145
7.5 Conclusion	146
PARTIE II - SECTION II	147
UTILISATION DES ONTOLOGIES DE L'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ- SANTÉ.....	147
CHAPITRE VIII	148
SYSTÈME D'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉSANTÉ – INTERFACES USAGERS	148
8.1 Introduction.....	148
8.2 La couche applications	149
8.2.1 La couche interfaces-usagers	149
8.2.2 Types d'utilisateurs.....	150
8.3 Conclusion	155
CHAPITRE IX.....	157
INSTANCIATION DES ONTOLOGIES, INITIALISATION DES RÉSEAUX BAYÉSIENS ET RECONNAISSANCE ET APPRENTISSAGE DES ACTIVITÉS COURANTES.....	157
9.1 Introduction.....	157
9.2 Les réseaux bayésiens.....	158
9.2.1 Définition	158

9.2.2 Réseaux bayésiens et HIT	159
9.3 Conclusion	166
CHAPITRE X	168
EVALUATION ET VALIDATION : SIMULATEUR À BASE D'ONTOLOGIES DE L'HIT	168
10.1 Introduction.....	168
10.2 Validation de notre travail	168
10.3 Le simulateur	170
10.3.1 Pourquoi ce type d'implantation?	171
10.3.2 Fenêtre de lancement	173
10.4 Le simulateur – Exemples d'utilisation	175
10.5 Conclusion	178
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	180
APPENDICE A	184
SCÉNARIO DU CHAPITRE I	184
APPENDICE B	185
IMPLANTATION ET CODE JAVA DU SIMULATEUR.....	185
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	200

LISTE DES FIGURES

Figure

1.1	Nombre de cas de démences dans le monde et Comparaison des dépenses.....	20
2.1	Modèle graphique statique adapté	38
2.2	Projet ADREAM.....	48
2.3	Structure de l'Habitat Intelligent.....	50
2.4	Architecture de l'habitat intelligent.....	52
2.5	Structure du laboratoire DOMUS.....	54
3.1	Espaces de nommage.....	71
3.2	Entête d'ontologie.....	72
3.3	Partie de l'ontologie Pizza	73
3.4	Concept Personne	82
3.5	Hierarchy of top-level categories	86
4.1	Architecture ontologique du HIT	96
5.1	Structure abrégée de l'ontologie de l'Habitat.....	104
5.2	Aperçu abrégé de l'ontologie de l'équipement.....	108
5.3	Bref aperçu de l'ontologie équipement	110
5.4	Classe Mobilier (<i>Furniture</i>)	111
5.5	Classe équipement ménager (<i>Household Equipment</i>)	113
5.6	Classe équipement technique (<i>Technical Equipment</i>)	113
5.7	Liste des instances (valeurs) de certaines classes.....	114
5.8	Classe des capteurs (<i>Sensor</i>)	116
5.9	Capteurs des paramètres de l'environnement.....	118
5.10	Capteurs sensibles à la pression.....	119
5.11	Capteurs de paramètres concernant le patient.....	120
5.12	Liste des propriétés d'objet.....	121
6.1	Vue de l'ontologie de la personne et quelques relations	126
6.2	Définition sommaire de ce à quoi correspond l'ontologie du Comportement.....	128
6.3	Partie de l'ontologie « Comportement (<i>Behaviour</i>) »	129
6.4	Structure de l'ontologie du Comportement	131
7.1	Ontologie de la tâche : quelques classes	136
7.2	Distinction tâche de routine - tâche occasionnelle.....	137
7.3	Description avec Protégé2000_OWL	139
7.4	Classe Software_application	140
7.5	Partie Représentation.....	141
7.6	ValuePartition	141
7.7	Propriétés et attributs des applications logicielles	143
7.8	Exemple d'instanciation des applications	144
8.1	Architecture de la Plate-forme du système HIT	148

8.2	Exemple d'un message visuel adressé au patient via l'interface_patient.....	154
8.3	Hiérarchie des interfaces usagers	155
9.1	Processus d'apprentissage (Latfi et Lefebvre, 2005)	160
9.2	Réseau bayésien de l'Activité que le patient est probablement en train de réaliser (Latfi et Lefebvre, 2005)	161
9.3	Hiérarchie des réseaux. Tiré de (Descheneaux, 2007a)	163
9.4	Interaction des différents réseaux (Descheneaux, 2007a)	164
9.5	Réseau du Lavabo/Miroir selon l'approche diagnostique médical.....	165
9.6	Déduction de l'activité probable « se laver les mains »	166
10.1	Extrait de l'ontologie des applications	173
10.2	Fenêtre de lancement.....	174
10.3	Fenêtre initiale du simulateur	175
10.4	Première inférence de l'activité douche.....	176
10.5	Inférence suivante dans la zone douche	177
10.6	Inférence dans la zone lavabo.....	178

LISTE DES TABLEAUX

Tableau

1.1	Population âgée de 65 ans et plus au Québec et au Canada (Latfi et Lefebvre, 2005).....	17
1.2	Population âgée de 65 ans et plus au Québec et au Canada en 2006 et 2011	18
1.3	Estimations des nombres de cas de démences et du fardeau économique leur incombant (ADL), (SAC), (OMS)	19
4.1	Architecture ontologiques, Méta-relations	98
5.1	Partitions de valeurs relatives à L'équipement	109
5.2	Exemple de propriétés et restrictions	109
7.1	Description des propriétés des applications logicielles.....	143
10.1	Les ontologies pour le simulateur	172

RÉSUMÉ

Le vieillissement de plus en plus accéléré de la population mondiale, généralement perçu comme résultat des changements structuraux et dans les us, préoccupe la communauté internationale à tous les niveaux. Quand ce vieillissement s'accompagne de pathologies démentielles telles la maladie de l'Alzheimer entre autres, la problématique ne fait que croître en complexité.

Les systèmes d'Habitats Intelligents en Télé-santé (HIT) font partie des solutions envisagées dans la recherche d'une solution combinant des moyens matériels, techniques, technologiques, cognitifs et humains. Cette solution permettrait de prendre en charge une personne atteinte d'une telle démence, en particulier celle désirant demeurer autonome le plus longtemps possible, tant que son état le permettra.

La technologie du HIT a connu un essor important, particulièrement lors de la dernière décennie, en proposant tant de variantes, ayant pour objectif commun la mise en place d'un système de sécurité des personnes âgées. Ce système devra permettre une intervention adéquate, personnalisée et adaptable aux changements dans le comportement de la personne concernée, grâce à la télé surveillance et l'assistance à la tâche. Ses fonctionnalités doivent englober le savoir-faire (détection de déviation du comportement normal), le savoir-être (adaptation du système face aux habitudes des clients) et le savoir (le modèle comportemental de la personne en question). Or, la complexité d'un tel système, conjuguée à celle de la personne et de son vieillissement, présente plusieurs défis de taille dont celui de la représentation des connaissances.

C'est dans ce sens que nous présentons dans le cadre de cette thèse, un méta modèle basé sur les ontologies pour un habitat intelligent, dédié à des personnes en perte d'autonomie cognitive.

Notre choix des ontologies comme formalisme de représentation vient de leur pouvoir à représenter relativement fidèlement le monde (sens philosophique), mais aussi de leur adoption par la communauté du Web pour la réalisation des objectifs du Web sémantique.

Notre méta modèle, inspiré des avantages de la modularité, se compose de huit ontologies au moyen desquelles nous décrivons les aspects qui à notre sens, se complètent l'un l'autre et permettent de prendre en considération la globalité du système HIT. Ainsi, nous décrivons la dimension structurelle et matérielle par le biais des ontologies de l'habitat et de l'équipement. L'aspect humain et comportemental est décrit à l'aide des ontologies de la personne et du comportement. Finalement la partie décisionnelle est prise en charge par les ontologies de la tâche, la décision, les applications logicielles et celle des événements.

Pour la validation de notre modèle, nous avons développé un simulateur dédié à la gestion des événements capteurs dans l'habitat. Son objectif principal est de pouvoir inférer l'activité courante la plus probable par le biais de réseaux bayésiens. Nous montrons à ce niveau qu'en dépit de la complexité des ontologies, le fait d'opter pour une approche modulaire, nous permet d'en atténuer la portée, ainsi que de maximiser leur réutilisation. Ce dernier aspect étant l'un des facteurs justifiant leur choix comme outil du Web sémantique.

Mots-clés: Vieillissement, Représentation de la connaissance, Ontologie, Habitat Intelligent en Télé-santé, Web sémantique.

SUMMARY

Generally perceived as a result of structural changes and habits, increasingly rapid aging of the global population is a concern to the international community at all levels. And, when combined with dementia diseases such as Alzheimer's, amongst others, the problem's complexity becomes exponential.

Telehealth Smart Homes (TSH) technology is a part of the solution that combines material, technical, technological, cognitive and humans tools which would support a person affected with dementia, especially those wishing to remain independent as long as possible.

TSH technology has grown significantly, particularly in the last decade, offering so many variations, all with the common goal of establishing a comprehensive security system to the elderly. This system would take adequate and personalized intervention which would also adapt to the person's behaviour changes, using remote surveillance and task assistance. Its feature would include fact-based expertise (normal behaviour deviation detection), knowledge-based (adaptation of the system to the customer's behaviour) and common knowledge (the person's behavioural model). However, the complexity of such a system, coupled with the individual's complexity as well as his aging presents several challenging obstacles, specifically those of the knowledge-based representation.

Thus, in this thesis, we present an ontology-based Meta model for telehealth smart homes dedicated to people in loss of cognitive autonomy.

Our choice of ontologies as a representation formalism is based on their power to fairly accurately represent the world (philosophical basis), but also based on their adoption by the Web community as a means for achieving the Semantic Web's objectives.

Our meta-model, inspired by modularity and its advantages, consists of eight ontologies by which we describe the aspects that in our opinion complement each other and allow taking into account the totality of the TSH system. Thus, we describe the structural and material dimension through habitat and equipment ontologies. The human and behavioral aspect is described using the person's and behavior's ontologies. Finally the decision part is supported by the task, decision, software applications and events ontologies.

To validate our model, we have developed a simulator dedicated to sensors events management in the habitat. Its main objective is to infer the most likely current activity through Bayesian networks. We show that despite the ontologies high level of complexity, the fact of opting for a modular approach allows us to reduce this complexity's scope and maximize the ontologies reuse. This last aspect is one of the factors justifying their choice as a Semantic Web tool.

Keywords: Aging, Knowledge Representation, Ontology, Telehealth Smart Home, Semantic Web.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Généralités, contexte et objectifs de la recherche

Les sciences cognitives ont pour objet la cognition et peuvent être naturelles (étude du cerveau et du produit de son activité) ou artificielles permettant l'*extraction*, la *représentation* et l'*acquisition des connaissances*. Si l'objectif des sciences cognitives naturelles est l'étude des systèmes cognitifs biologiques et naturels de l'homme en général, l'étude du système cognitif d'une personne âgée ou en perte d'autonomie (cognitive en particulier) devrait faire l'objet de plus d'intérêt. En effet, les statistiques montrent que le vieillissement de la population, constitue une source de préoccupation pour toutes les instances de la société, en dépit des progrès scientifique et médical. Ceci est préoccupant tant sur le plan individuel à cause de tous les problèmes de santé s'y rapportant, particulièrement mentale (Alzheimer et affections connexes) et le désir croissant de ces personnes de demeurer autonomes le plus longtemps possible, qu'au niveau sociétal en raison des défis économiques et sociaux engendrés par de telles situations.

Ceci implique la nécessité de mettre en place un système de sécurité des personnes âgées permettant une intervention adéquate, personnalisée et adaptable aux changements dans le comportement de la personne concernée, grâce à la télé surveillance et l'assistance à la tâche dont les fonctionnalités englobent le savoir-faire (détection de déviation du comportement normal), le savoir-être (adaptation du système face aux habitudes des patients) et le savoir (le modèle comportemental de la personne en question). Pour ce faire, nous avons défini un méta-modèle sous

forme d'ontologies permettant d'instancier des systèmes d'habitats intelligents, adaptés à des personnes particulières et servant de base de connaissances à un système auteur qui produira les instanciations, formées de composants logiciels configurés en fonction des particularités propres à chaque habitat. En d'autres termes, le méta-modèle se propose d'être la base d'une passerelle entre deux systèmes cognitifs : celui du patient (système cognitif naturel) et celui du système d'habitat intelligent (système cognitif artificiel). Le degré d'intelligence de cet habitat dépend de son aptitude à répondre aux besoins légitimes du patient. Une des questions à laquelle nous avons tenté de répondre à travers cette recherche est : jusqu'à quel degré une telle passerelle, peut-elle être efficace ?

Objectifs de la recherche – défis, limites et hypothèses

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, il s'agit pour nous de présenter un méta-modèle permettant d'atteindre les objectifs d'un système d'habitat intelligent adaptatif aux besoins d'une personne âgée en déclin de ses capacités cognitives. Notre problématique, qui se situe dans le cadre de la représentation de la connaissance, fait face à de grands défis et limites. La raison en est particulièrement la complexité du domaine des HITs, conséquence directe de la prolifération ainsi que de l'extrême évolution des technologies dans ce domaine, ainsi que celui de la maladie d'Alzheimer et; finalement en raison de la diversité des outils disponibles pour la modélisation et la formalisation des ontologies. Un autre défi de taille est la possibilité de présence simultanée et parallèle d'au moins deux systèmes cognitifs naturels, celui du patient et celui d'une tierce personne, l'aidant naturel (par exemple et entre autres). Cependant, comme nous l'avons déjà annoncé dans le résumé du présent document, nous nous intéressons spécifiquement aux cas de personnes désirant continuer de vivre de manière autonome, en admettant qu'elles soient

encore à un stade de la maladie qui leur permette de le faire. Nous nous limiterons donc dans notre recherche ainsi que dans la suite du document au système cognitif du patient même si nous ferons de temps à autre allusion à celui de l'aidant.

Notre méthodologie de recherche est guidée par les constats suivants :

- La complexité à tous les niveaux du projet;
- L'utilité, la réutilisabilité ainsi que la complétude des ontologies;
- L'avantage d'utilisation de la modularité.

Nos hypothèses sont définies comme suit :

- Hypothèse 1 : Le sujet central de notre étude est une personne vieillissante atteinte de l'Alzheimer et désirant demeurer autonome aussi longtemps que possible. Pour ce faire, elle aura besoin d'une aide pour l'accomplissement des activités pouvant être effectuées de manière individuelle et que nous nommerons dans la suite du document activités de type (a.). Cette assistance doit être spécifique en raison de la complexité de la maladie d'Alzheimer. La dite complexité ainsi que tout ce que nous avons relaté précédemment nous poussent à décomposer la première hypothèse en plusieurs sous-hypothèses. Ainsi, nous nous intéressons :

- **H1.1** : à une personne vieillissante atteinte de la maladie d'Alzheimer que nous désignerons dans la suite du document sous le terme de **Patient**;
- **H1.2** : à l'aspect apparent de la maladie et donc à ses symptômes ainsi qu'au comportement du patient;
- **H1.3** : au fait que le dit patient désire préserver son autonomie et donc continuer de vivre seul.

- Hypothèse 2 : rappelons-nous que notre première hypothèse porte entre autres, sur le patient, une personne vieillissante atteinte de l'Alzheimer et

aspirant à rester autonome le plus longtemps possible. Dépendamment du degré d'avancement de la maladie d'Alzheimer ou de l'état de santé du patient, ce dernier pourrait avoir besoin de l'intervention d'un acteur autre que le système en place. Or, nous avons bien souligné la complexité qui résulte de la maladie à elle seule. Cela va sans dire que le degré de complexité de la gestion de l'habitat sera encore plus élevé si l'on doit gérer en parallèle la présence d'une autre personne. Nous ferons donc l'hypothèse que nous ne considérons dans notre travail que la présence d'un seul système cognitif, celui du patient.

- Hypothèse 3 : nous avons opté pour les ontologies comme outil de modélisation en raison de leur essor au niveau des technologies du Web sémantique, mais aussi pour leur potentiel à décrire toutes les situations du monde (aspect philosophique). Notre monde se limite à celui d'un système d'habitat intelligent, dans lequel évolue un patient, atteint de la maladie d'Alzheimer, à un stade assez précoce lui permettant ainsi d'évoluer de façon plus ou moins autonome. Nous ne prétendons en aucun cas faire la description de la maladie elle-même.

Parcours de la thèse

L'approche adoptée dans le cadre de cette thèse consiste en la présentation de la problématique ou du contexte de recherche ainsi que des solutions possibles que nous retrouverons dans la première partie constituée des trois premiers chapitres. Cette partie servira à donner un aperçu sur le vieillissement sous ses deux aspects, normal et; pathologique (plus particulièrement celui de l'Alzheimer) et ses implications au niveau de l'individu (patient) ainsi que les défis qu'il présente pour

son entourage immédiat et la société en général (**chapitre 1**). Elle servira aussi à introduire la technologie de l'habitat intelligent (**chapitre 2**). Cette technologie se propose en effet d'assister les personnes faisant face à des situations difficiles (en l'occurrence un déclin cognitif). Elle fera l'objet d'une modélisation permettant une meilleure prise en charge de la personne vieillissante atteinte de l'Alzheimer en particulier. Le troisième chapitre est spécifique aux ontologies, le formalisme de représentation des connaissances que nous avons adopté pour le présent travail. Il se veut explicatif des ontologies (leur historique et leur utilité ainsi que les méthodologies et outils permettant de les construire), ainsi que de certains formalismes de représentation de la connaissance.

La **deuxième** partie, intitulée « Application, évaluation et validation » se divise en deux sections. La première section présentera l'architecture ontologique du HIT, qui correspond au modèle que nous avons présenté en 2007 (Latfi et al., 2007) alors que la seconde présentera l'aspect de l'utilisation de ces ontologies. Cette partie se veut être la plus importante dans la mesure où elle présente notre modèle ainsi que son utilisation. Elle se divisera elle-même en 2 sous parties (**section I et II**). La section I servira à décrire les ontologies définies dans le cadre de l'architecture ontologique du HIT dans sa globalité (**chapitre 4**) et sera ensuite répartie en fonction de 3 aspects, matériel et technique (**chapitre 5**), humain et comportemental (**chapitre 6**) et, l'aspect décisionnel (**chapitre 7**). La section II (**chapitres 8, 9 et 10**) sera consacrée à l'utilisation qui sera faite des ontologies définies. Cette partie servira de justification et de validation du pourquoi et du comment cette technologie est plus intéressante et pertinente qu'une autre.

PARTIE I

MISE EN CONTEXTE & PROBLÉMATIQUE

CHAPITRE I

MISE EN CONTEXTE : LE VIEILLISSEMENT ET LA MALADIE D'ALZHEIMER

1.1 Introduction

Le mode de vie de l'être humain n'a pas cessé d'évoluer à travers les époques, accompagnées de progrès scientifique, technique et technologique. Ces progrès ont permis en effet d'améliorer les conditions de vie de l'être humain en général, des populations des sociétés occidentales en particulier. Parmi les conséquences de cette évolution, on peut citer la baisse des taux de mortalité aux bas âges et une plus grande longévité pour les personnes adultes.

Sur le plan collectif, la croissance continue de l'espérance de vie permet d'accroître la population des personnes âgées. Cependant, sur le plan personnel, vivre plus longtemps n'est pas toujours synonyme de bien-être.

Les sociétés occidentales connaissent en effet de plus en plus un vieillissement croissant de la population, d'où l'intérêt grandissant pour la compréhension de ce phénomène en relation avec la fonction cognitive de l'être humain (Park et Schwartz, 2000), dont le mécanisme de fonctionnement a toujours intrigué par son mystère (Shallice, 1995) et a fait couler beaucoup d'encre. Plusieurs théories en effet se sont articulées autour de l'architecture mentale voyant le couple (esprit, cerveau) tantôt comme un système totalement modulaire, tantôt comme une structure modulaire mais

seulement jusqu'à un certain degré. La modularité¹ est la base de la neuropsychologie cognitive, en recherche de l'explication du fonctionnement de l'esprit dont font partie les recherches touchant au déclin cognitif dû à l'âge ou ce qui a été classiquement identifié comme la dégénérescence cognitive.

Ce chapitre se veut une introduction au vieillissement principalement cognitif et sera constitué de 2 parties. La première étant un survol du vieillissement cognitif, la deuxième présentera la maladie d'Alzheimer, contexte spécifique de la présente recherche.

1.2 Le vieillissement cognitif

Avant de parler de vieillissement cognitif, définissons d'abord ce qu'est le vieillissement tout court. Selon Arking (1991), le vieillissement est « *un processus biologique fondamental qui peut être défini, mesuré, décrit et manipulé* », une définition qui à notre sens, n'est pas très révélatrice, ce qui nous a poussé à utiliser la définition suivante :

Le vieillissement 'normal' s'accompagne d'une altération des phénomènes de neuromédiations mono-aminergiques, [...] Il résulte de cette altération une perte de la puissance des afférences dopaminergiques, se traduisant cliniquement par une motricité ralentie, une baisse de l'attention et de la vivacité de l'esprit, des troubles affectifs. (<http://www.alzheimer-montpellier.org/comgene.html>)²

¹ Nous verrons plus loin que nous basons notre modèle sur le principe de la modularité et donc un paragraphe lui sera consacré.

² Page visitée le 26-04-2004

Selon cette définition (qui explique le vieillissement par ses conséquences), le vieillissement "normal" comme on le voit touche l'aspect cognitif même qui est généralement vu comme un processus de perte progressive au niveau mental (Reuter-Lorenz, 2002 ; Linderboom, 2004).

Sachant que le cerveau représente pour l'esprit ce que le « *hardware* » représente pour le « *software* » (thèse cognitiviste), nous approchons le vieillissement sous deux angles, à savoir le vieillissement du cerveau et le vieillissement de l'esprit (ou cognitif).

1.2.1 Vieillissement du cerveau

Le cerveau humain est composé de deux hémisphères corticaux. Chaque hémisphère contient quatre principaux lobes se chargeant de traitements spécifiques. Les quatre lobes sont :

1. le lobe frontal (*frontal lobe*), responsable de l'émotion, de la planification et la programmation des besoins individuels;
2. le lobe pariétal, responsable de sensation de douleurs, du toucher, du goût et aussi des mathématiques et logique entre autres;
3. le lobe temporal (*temporal lobe*) dont la responsabilité primaire est la modalité auditive, mais qui a aussi un rôle au niveau de la mémoire et de traitement émotionnel et finalement,
4. le lobe occipital, responsable du traitement de l'information visuelle (Cardoso, 1997).

La structure du cerveau change avec le temps (Reuter-Lorenz, 2000, pp. 93-114). Ainsi, un cerveau âgé, ayant perdu beaucoup de cellules et dont le tissu a rétréci,

diffère beaucoup du cerveau d'un jeune adulte. En effet, Des résultats d'études basées sur les techniques d'autopsie ont permis de savoir qu'avec le temps, le cerveau décroît en poids et volume d'environ 2% par décennie. De plus, le vieillissement n'a pas les mêmes effets sur les différentes régions du cerveau. Certaines régions vieillissent plus vite que d'autres. Par exemple, le cortex préfrontal est plus touché par le vieillissement (Craik et Salthouse 2000, pp. 1-90 ; Brouillet et Syssau, 2000), mais la mise en correspondance de cette structure avec la fonction cognitive n'est pas encore évidente, objectif que se donne la neuropsychologie cognitive (combattre les effets du vieillissement sur la cognition en comprenant ses bases neuronales (Reuter-Lorenz, 2000, pp. 93-114). En effet, la relation indices de performance cognitive versus altérations relatives au vieillissement a fait l'objet d'un certain nombre d'études (Craik et Salthouse, 2000, pp. 1-90) où on a plus ou moins conclu à une explication de la détérioration de la vitesse de traitement cognitif par des lésions au niveau de la substance blanche du cerveau, ayant atteint un seuil critique.

1.2.2 Vieillissement cognitif

« Nous exprimons le vieillissement en termes de déclin, avec l'âge, de la performance à diverses épreuves censées mesurer le fonctionnement cognitif ». Telle a été la définition du vieillissement formulée par Van der Linden et Hupet (1994) et adoptée par la communauté des psycho-cogniticiens.

Les théories du vieillissement cognitif ont pour objet d'expliquer pourquoi l'âge intervient dans le ralentissement lors de l'exécution d'une tâche cognitive. Il faut noter cependant que l'âge n'est pas la seule cause explicative du ralentissement du processus d'exécution, d'autres facteurs en sont aussi responsables, dont le niveau d'éducation et d'expérience. Selon Park et Schwartz (2000), le système cognitif d'une

personne âgée ne doit pas être vu seulement sous son angle de capacités (ou facultés) et de mécanismes de traitement, car le système cognitif âgé est très enrichi des connaissances (*acquired knowledge* ou *cognitive product*) selon Salthouse (2000, p.43-54) et de l'expérience de la vie. Cet aspect pose d'ailleurs un grand défi aux chercheurs dans le domaine du vieillissement qui consiste à répondre à la question : comment expliquer le fait que, plus nous vieillissons, plus notre expérience et notre connaissance du monde s'enrichissent et plus nos fonctions cognitives deviennent lentes et particulièrement dans des situations familières ? D'où l'intérêt de la mesure de ces fonctions qui a porté généralement sur la comparaison entre jeunes adultes et adultes vieillissants, que nous présentons ci-dessous, à titre indicatif. Cependant, il est évident de signaler que le vieillissement humain étant un processus très complexe, on ne peut réduire sa compréhension à la seule interprétation des résultats des critères de mesure. Selon (Laville, 1989), les expériences basées sur ces critères décriraient plus l'efficacité du « Hardware » (Charness, 1985) que le « Software » qui correspond à « l'organisation et la structuration de la mémoire, la capacité du raisonnement » (Laville, 1989) des personnes âgées.

L'intérêt porté à la mesure de la différence entre la cognition juvénile et la cognition âgée n'est pas nouveau selon Salthouse (2000), mais date depuis 1920 déjà avec les études de Foster et Taylor (cité dans Salthouse, 2000, p43).

1.2.2.1 Les critères de mesure

On cite en général 3 critères de mesure intervenant dans l'analyse du système cognitif âgé qui sont la vitesse de traitement, la capacité d'inhibition et la capacité de mémoire de travail. Park (2000) ajoute un quatrième critère lié à la fonction sensorielle.

1. La vitesse de traitement de l'information est généralement mesurée par le nombre de comparaisons correctes faites dans un délai précis. Ce qui correspond en gros à ce que Salthouse (2000, p.43) nomme le processus « *Process* ».
2. La mémoire de travail est mesurée par l'évaluation de l'accomplissement de deux tâches simultanées : stockage et traitement, dont la performance peut être améliorée avec un bon support de l'environnement (Craik et Salthouse, 2000, p.295). Ces deux points sont liés du fait que la vitesse du traitement dépend de la capacité et la vitesse de la mémoire de travail. Park (2000) fait d'ailleurs une analogie intéressante entre un système cognitif vieillissant et un ordinateur dont le disque dur est plein mais dont la capacité mémoire (RAM) est limitée : l'ordinateur est donc riche en « informations » mais il devient lent pour les utiliser de manière efficace.
3. La fonction inhibitrice. Dans ce cas, la personne âgée a du mal à fixer son attention sur l'information primaire, importante et pertinente. Ceci a un effet aussi sur la mémoire de travail puisqu'elle se trouve obligée de traiter toutes sortes d'informations (pertinentes ou non). Par conséquent, la vitesse du traitement de la tâche s'en ressentira également mais négativement.
4. La fonction sensorielle quant à elle, se voit allouer le rôle le plus important selon Park et Schwartz (2000) dans la mesure des aspects du vieillissement cognitif, ce qui a été montré par les études de *Berling Aging Study* effectuées par Lindenberg et Batles (1994). Ces études ont porté sur un échantillon représentatif de tous les aspects de la population et comportant des personnes bien avancées dans l'âge. Elles ont démontré que le statut socio-économico-culturel de la personne âgée n'avait pas de rôle important dans le processus du vieillissement cognitif. La fonction sensorielle concernée par le vieillissement est constituée des deux modalités visuelle et auditive. Baltes et Lindenberg (1997, cités dans Brouillet et Syssau, 2000. pp. 249-271) parlent de capacités sensorielles ou sensori-motrices incluant donc la force et la motricité manuelle en plus de l'acuité visuelle et auditive. L'importance de son rôle provient du

fait qu'elle constituerait un médiateur puissant de toutes les capacités cognitives (Park et Schwartz, 2000). En effet, une personne âgée dont les capacités visuelle ou auditive ont subi une dégradation, serait beaucoup moins performante qu'un jeune adulte (Lindeboom et Weinstein, 2004 ; Brouillet et Syssau, 2000, pp. 249-271).

1.2.2.2 Enseignements à tirer

La comparaison de l'activité du cerveau relativement à une tâche dans le cas des personnes âgées et des jeunes adultes selon les critères cités ci-dessus, donne lieu à trois types de résultats (Reuter-Lorenz, 2002). Il y a eu en effet des cas où l'activation pour l'exécution d'une tâche impliquait les mêmes aires corticales (*âge-equivalent activity*), des cas de *sous-activation* en ce qui concerne les personnes âgées (*âge-related underactivation*) et finalement le cas inverse où il s'agit d'une *sur-activation* d'aires selon l'âge (*âge-related increased*). L'étude de ces résultats montre que le vieillissement affecte la performance, la mémoire et l'attention, les trois aspects étant inter-reliés.

1. L'attention « is the taking possession by the mind, in clear and divid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought [...] » (James, 1950, cité dans Park et Schwartz, 2000). L'attention qui était considérée comme une fonction mentale unitaire (Brouillet et Syssau, 2000, p. 56) est vue actuellement sous forme de plusieurs processus spécifiques (attention sélective, fixée, soutenue, divisée). Elle n'est donc pas affectée de la même manière.

L'attention sélective a été étudiée en utilisant des tâches de recherche visuelles et la conclusion serait que s'il n'y a pas eu familiarisation avec l'objet à étudier, la performance des personnes âgées est très inférieure à celle des jeunes.

Dans le cas de l'attention fixée (*focused attention*), un seul objet est considéré. Ceci nécessite beaucoup de concentration qui constitue un traitement intensif de l'information. La performance des personnes âgées est la même que celle des autres si l'objet est visible. Ce type d'attention n'est pas touché par le vieillissement (Park et Schwartz, 2000) même pour des personnes atteintes de l'Alzheimer.

L'attention fixée pour un intervalle de temps étendu devient une attention soutenue (*sustained*). La mesure de cette fonction permet de connaître le degré de vigilance à la tâche. La contradiction des résultats ne permet pas d'avoir une idée précise du rôle joué par le vieillissement dans ce type d'attention. Même constatation dans le cas de l'attention divisée qui consiste en l'accomplissement de plusieurs tâches simultanément. Les résultats sont proportionnels au degré de complexité des tâches et de la capacité de mémoire nécessaire au traitement (Park et Schwartz, 2000, p. 64).

2. La mémoire est la deuxième fonction concernée par le vieillissement mais comme elle n'est pas non plus une fonction unitaire, ses différentes composantes ne sont pas non plus touchées au même degré. Ainsi, on parle de mémoire sensorielle (très brève, elle dure le temps de perception d'un stimulus), mémoire à court terme (appelée aussi mémoire immédiate ou primaire) ou mémoire de travail qui sert de système de stockage et de traitement temporaire et finalement, la mémoire à long terme, le médium de stockage permanent. La mémoire de travail peut être vue comme un « sous-ensemble activé de la mémoire à long terme » (Brouillet et Syssau, 2000, p.29). Cependant, le vieillissement affecte en particulier la mémoire dédiée aux événements spécifiques vécus par une personne, aussi appelée mémoire épisodique (Reuter-Lorenz, 2002; Park et Schwartz, 2000, p.82), par opposition à la mémoire sémantique. Cette dernière est en effet responsable de la mémorisation de faits et de connaissances d'ordre général.

3. La détérioration de la performance avec l'âge, est aussi une conséquence du vieillissement. Ce troisième aspect est relié au déclin observé dans les fonctions de la

mémoire et de l'attention. Cependant, les progrès réalisés dans les techniques de la neuro-imagerie ont permis de montrer que même si la performance est la même dans les deux groupes d'âge, l'activation de régions du cerveau ou de patrons lors d'exécution de tâches n'est pas la même. En effet, Reuter-Lorenz (2002) parle de mécanismes de compensation et d'activation bilatérale visible pour les personnes âgées lorsque la performance est équivalente (ou meilleure) à celle des jeunes. Par contre, il s'agit de différenciation dans le cas inverse. L'appel aux différentes régions du cerveau âgé se fait de manière aléatoire et non plus sélectivement.

1.2.2.3 Langage et vieillissement

Selon Arthur Wingfield (2000, pp.175-195), le langage est une faculté naturelle pour l'être humain, soutenue par une structure spécialisée du cerveau. Cette structure a été découverte et confirmée par les études confrontant des observations de pertes de certaines fonctions linguistiques suite à des dommages de certaines aires corticales, correspondant aux mêmes aires activées lors de l'accomplissement de tâches linguistiques dans des cas normaux.

La faculté linguistique ne serait pas directement influencée par le vieillissement. Le traitement des tâches linguistiques peut être influencé par d'autres facteurs impliquant la fonction sensorielle (détérioration de l'acuité auditive ou visuelle avec l'âge (Park et Schwartz, 2000) ainsi que la baisse de performance de la mémoire de travail, de la vitesse de traitement et de l'inhibition (Craik et Salthouse, 2000, p.373). Kemper et Kemtes (2000, pp.197-213) s'accordent sur le fait que certaines capacités linguistiques sont préservées, même quand la personne âgée fait face à l'Alzheimer.

1.3 Contexte spécifique : La maladie d'Alzheimer

Les recherches sur le vieillissement cognitif ont permis de redonner espoir à l'humanité. En effet, les progrès réalisés dans le domaine permettent une détection plus précoce des pathologies liées au vieillissement, ce qui permettra de mieux se préparer aux étapes suivantes et peut-être même d'y remédier. Hélas, dans l'attente de jours meilleurs, certaines pathologies liées à l'âge continuent de préoccuper les différentes instances de la société, parmi lesquelles on peut citer la maladie d'Alzheimer.

1.3.1 La maladie d'Alzheimer

La maladie d'Alzheimer est une forme de démence qui affecte de plus en plus de personnes vieillissantes, généralement après l'âge de 65 ans³. Elle est le résultat de changements qui s'opèrent dans le cerveau de la personne longtemps avant sa manifestation. En effet, la maladie d'Alzheimer est une maladie dont la détection se fait par la constatation de symptômes et de changements dans le comportement de l'individu, puisque son siège est le cerveau, organe dont les mystères ne cessent de surprendre, malgré les progrès de la science et les percées de la médecine dans ce domaine.

La maladie d'Alzheimer est caractérisée par la perte de mémoire, la diminution des facultés de jugement et de raisonnement ainsi que par les changements d'humeur et de comportement. Elle est progressive et dégénérative dans la mesure où les cellules du cerveau continuent de se détruire parallèlement au vieillissement de la personne.

³ Les statistiques de Société Alzheimer Canada montrent qu'en 2010, 70 000 personnes ont été atteintes de l'Alzheimer avant l'âge de 65 ans.

Dans l'état actuel des choses, la maladie d'Alzheimer demeure incurable. D'un autre côté, le nombre de cas ne cesse d'augmenter, parallèlement à l'accroissement de la tranche des personnes vieillissantes. Les associations dédiées à la maladie d'Alzheimer parlent d'environ 35 millions de personnes qui souffriraient de l'Alzheimer dans le monde en 2010. En 2030, ce chiffre risque de doubler pour atteindre 66 millions et 115 millions en 2050⁴. Les chiffres que (Phaneuf, 1998) avait estimés sont de 5 % à 10% pour la tranche des 65 ans et plus et, de 20% pour celle des 80 ans et plus.

Les chiffres du tableau 1.1 correspondent à une synthèse des statistiques maintenues par Statistiques Canada (<http://www.statcan.ca>)⁵ et que nous avons présenté dans le cadre de la conférence internationale sur les habitats intelligents et la télésanté : ICOST⁶ à Magog au Québec, le 6 juillet 2005 (Latfi et Lefebvre, 2005). Il donne un aperçu de la proportion que constitue la population âgée de 65 ans et plus par rapport au total de la population québécoise et canadienne. Nous verrons par la suite que cette proportion ne cesse d'augmenter et que les chiffres provenant de statistiques plus récentes sont de plus en plus alarmants.

Tableau 1.1 Population âgée de 65 ans et plus au Québec et au Canada (Latfi et Lefebvre, 2005)

Population canadienne : Groupes de 65 ans et plus (en milliers)						
Période Région	2001 Recensement			2004 Estimations		
	Total	65 et +	%	Total	65 et +	%
Québec	7,237.5	959.8	13.26	7,542.8	1,022.1	13.55
Reste du Canada	22,769.6	2,928.7	12.86	24,403.5	3,118.9	12.78
Canada	30,007.1	3,888.5	12.96	31,946.3	4,141.0	12.96

⁴ <http://www.lemonde.fr/societe/article/2010/09/21/>

⁵ *Population et démographie* ». Page Web consultée en mars 2005

⁶ ICOST: International Conference On Smart Homes and Health Telematic

En 2005, 290 000 Canadiens environ, âgés de plus de 65 ans souffraient de la maladie d'Alzheimer, ce qui représentait à peu près 64% de toutes les maladies cognitives irréversibles au Canada (<http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-people.htm>)⁷. Plus de 52 % des Canadiens connaissaient une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer et près d'une personne sur quatre (25 % des Canadiens) avait un membre de sa famille atteint de cette maladie.

Les estimations pour 2031 parlaient de plus de 750 000 Canadiens qui seraient atteints de la maladie d'Alzheimer et d'affections connexes. Ce chiffre devra être reconsidéré si on prend en considération les statistiques avancées par Société Alzheimer Canada (SAC). Lors de l'écriture de ces lignes et en nous basant sur les chiffres du recensement de 2006 ainsi que ceux des estimations de 2011, le tableau ci-dessus peut être actualisé de la manière suivante :

Tableau 1.2 Population âgée de 65 ans et plus au Québec et au Canada en 2006⁸ et 2011⁹

Population canadienne : Groupes de 65 ans et plus						
<i>Région</i> <i>Période</i>	Recensement 2006			Estimations postcensitaires provisoires 2011		
	Total	65 ans & +	%	Total	65 ans & +	%
Québec	7,546,135	1,080,285	14.3	7,979,663	1,253,600	15.7
Reste du Canada	24,066,760	3,254,970	13.5	26,503,116	3,719,800	14.0
Canada	31,612,895	4,334,255	13.7	34,482,779	4,973,400	14.4

⁷ Alzheimer Society of Canada. La maladie d'Alzheimer. Statistiques. Page Web consultée le 8 avril 2006.

⁸ <http://www12.statcan.ca/census-recensement/2006/>

⁹ <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/110928/t110928a3-fra.htm>

Selon Statistiques Canada, les pourcentages de plus en plus élevés des personnes âgées de plus de 65 ans par rapport à la population totale, s'expliquent par l'arrivée massive des baby-boomers à l'âge de 65 ans. Ce fait, combiné à celui de la faible fécondité fera en sorte que ces pourcentages soient voués à une croissance encore plus rapide dans les années à venir.

A leur tour, les chiffres et prévisions concernant la maladie d'Alzheimer provenant de différentes sources et principalement celle de SAC ainsi que celle de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et *Alzheimer's Disease International* (ADI), combinés aux chiffres du tableau précédent et avec les prévisions de Statistiques Canada, nous donnent le tableau ci-dessous. Il s'agit en fait d'une synthèse de chiffres avancés par les sources susmentionnées et qui fait aussi état de l'impact non seulement démographique mais aussi économique dans le monde, pour ne citer que cet aspect.

Tableau 1.3 Estimations des nombres de cas de démences et du fardeau économique leur incombant¹⁰ (ADI), ¹¹ (SAC), ¹² (OMS)

	2010	2030	2050
Nombre de cas de démence dans le Monde (en millions)	35.56	65.69	115.38
Maladie d'Alzheimer (70% des cas de démence (en millions))	24.89	45.98	80.77
Pays à faible revenu	58%	63.40%	71%
Reste du monde	42%	36.60%	30%
Dépenses concernant les cas de démence dans le monde (en milliards de \$ US)	604 \$	1,117 \$	-
Europe occidentale et Amérique du Nord (70%)	423 \$	782 \$	-
Reste du monde (30%)	181 \$	335 \$	-

¹⁰ <http://www.alz.co.uk/research/files/WorldAlzheimerReport-ExecutiveSummary.pdf>

¹¹ <http://www.alzheimer.ca/fr/About-dementia/Dementias/What-is-dementia/Facts-about-dementia>

¹² http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/dementia_20120411/fr/index.html

En effet, le lecteur peut remarquer que les estimations de variations des dépenses entre 2010 et 2030 sont de l'ordre de 85%. Estimations qui peuvent cependant être loin de la réalité en raison des changements très complexes et accélérés se produisant dans les structures des sociétés des pays en développement. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous ne donnons pas de chiffres estimatifs pour l'intervalle 2030-2050 malgré la présence de certaines statistiques avancées par certaines organisations, qui demeurent spéculatives à notre sens.

La Figure 1.1 quant à elle donne non seulement une image très claire de la répartition des chiffres que représentent les différentes démences au niveau mondial mais aussi les dépenses qu'elles font encourir aux gouvernements, tout en les comparant aux chiffres d'affaires de très grandes multinationales.

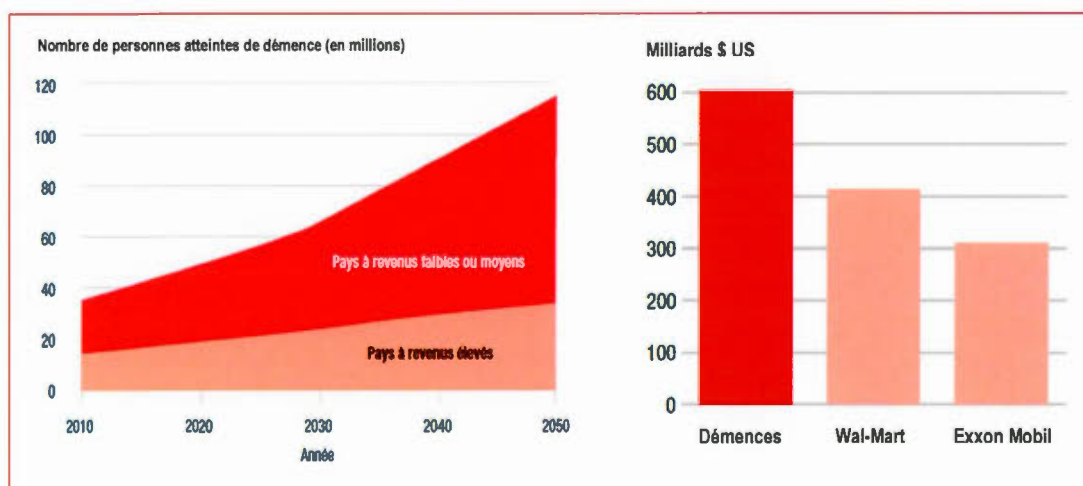


Figure 1.1 Nombre de cas de démences dans le monde et Comparaison des dépenses¹³

¹³ Source : World Alzheimer report 2010 - <http://www.alz.co.uk/research/files/WorldAlzheimerReport2010ExecutiveSummary.pdf>

1.3.2 Profil d'une personne atteinte de l'Alzheimer

Notre objectif dans le présent document n'est pas de décrire en détail la maladie d'Alzheimer et particulièrement du point de vue médical. La raison est qu'il ne s'agit pas d'une thèse médicale mais d'un travail sur la représentation de la connaissance pour un système permettant d'offrir une assistance pertinente en temps et lieu opportuns à une personne atteinte de l'Alzheimer. Autrement dit, nous ne nous intéressons pas à l'aspect caché de cette maladie mais plutôt à son aspect apparent que constituent les symptômes et le comportement d'une personne qui en est atteinte. Nous dirigeons cependant tout lecteur intéressé à faire plus de prospection sur la maladie à des ressources spécialisées dans le domaine. Le rapport¹⁴ qu'on retrouve sur le site de SAC vulgarise aussi de manière exhaustive la maladie auprès de personnes n'ayant pas nécessairement les connaissances scientifiques ou médicales requises.

La maladie d'Alzheimer connaît plusieurs étapes mais n'affecte pas toutes les personnes au même rythme. Par le biais de son site Web, SAC¹⁵ décrit les dix symptômes précurseurs cités ci-après et que nous avons résumés en fonction des sept As¹⁶, permettant de bien comprendre la maladie, même si le degré ainsi que la manière dont ces As se manifestent, diffèrent d'une personne à l'autre :

- Troubles de mémoire nuisant aux activités journalières, ce qui correspondrait à l'Amnésie, premier et plus important symptôme de la maladie.

¹⁴ La maladie d'Alzheimer. De quoi s'agit-il? Où en sommes-nous dans la recherche d'un traitement?

http://www.alzheimer.ca/fr/~media/Files/national/Research/Research_Lay_Report_2011_f.ashx

¹⁵ <http://www.alzheimer.ca/fr/About-dementia/Alzheimer-s-disease/Warning-signs-and-symptoms/10-warning-signs>

¹⁶ Il sera fait référence à ces termes par un *A* mis en relief dans le texte concernant les 10 symptômes.

- Difficultés à performer des tâches familières. Ceci est dû à la perte de contrôle des mouvements corporels ou autrement appelée l'Apraxie. Des problèmes de coordination surgissent, ce qui limiterait l'accomplissement de certaines tâches aussi simples soient-elles comme nouer ses lacets.
- « *Problèmes de langage* » correspondant à l'Aphasie ou l'incapacité d'utilisation du langage à ses quatre niveaux : la communication, la compréhension, la lecture et l'écriture. Ceci mettrait non seulement la personne en situation de danger mais contribuerait en plus à la placer progressivement en situation d'isolement. Rappelons-nous que les problèmes de langage sont dus à la dégradation des fonctions sensorielles dont la vision et la faculté auditive (c.f. 1.2.2.3).
- « *Désorientation dans l'espace et dans le temps* », qui se traduit par la détérioration de la capacité de jugement et ce qu'on appelle les « *Objets égarés* ». Ces symptômes peuvent être le résultat de l'Altération de la perception ainsi que de l'Agnosie. Cette dernière correspond au dysfonctionnement des cinq sens (la vision, l'audition, le goût, l'odorat et le toucher), ce qui pourrait être à l'origine d'un problème d'incompréhension et de non reconnaissance des visages ou d'oubli de l'utilité d'objets utilisés dans la vie courante mais aussi de « *difficultés face aux notions abstraites* ». Comme conséquence, il y a altération de la perception et donc mauvaise interprétation de l'information transmise par les différents sens du fait que la substitution sensorielle (une caractéristique très impressionnante du cerveau humain) n'est plus possible en raison de la détérioration du cerveau de manière irréversible, rendant ainsi sa plasticité très difficile pour ne pas dire impossible. Il faut ajouter à cela la « *perte de la perception de la profondeur et la capacité à voir en trois dimensions* ». La substitution sensorielle consiste en effet en la possibilité d'acheminement de l'information provenant d'une modalité sensorielle (visuelle ou auditive) au cerveau (Proust, 1997, pp. 84,179), via un sens (modalité sensorielle)

autre que celui qui en était responsable à l'origine, généralement le toucher, en admettant que le cerveau dispose encore de sa capacité de plasticité normale.

- « *Perte d'intérêt* » ou l'*Apathie*. Elle se manifeste envers toute activité ou initiative en conséquence de l'endommagement de la partie du cerveau qui en est responsable. Ceci peut bien entendu être vu comme le résultat du « *Changement dans la personnalité* », qui est plus ou moins normal dans le cas d'un vieillissement normal mais qui est très accentué dans le cas de l'Alzheimer. Une autre facette de cela est le changement inconstant « *d'humeur ou de comportement* ».

- Une caractéristique très importante d'une personne atteinte de l'Alzheimer est l'*Anosognosie*. Elle correspond à la détérioration de la partie du cerveau responsable du raisonnement et qui fait en sorte que la personne est en situation de plein déni. L'exemple d'introduction que nous avons utilisé lors de la présentation de notre papier concernant l'ontologie de la tâche en Tunisie¹⁷, résume bien cette situation. Il s'agit en effet d'un scénario où une personne atteinte de cette maladie peut être comparée à une autre souffrant d'une dépendance sévère au jeu (entre autres). La différence est que cette dernière ne reconnaît jamais le fait qu'elle est dépendante du jeu ni les effets néfastes sur sa vie personnelle et familiale, en tout état de conscience. La personne atteinte de l'Alzheimer ne reconnaît pas non plus le fait d'oublier. Cependant, elle le fait en raison de son incapacité de se rappeler qu'elle a tout simplement oublié¹⁸.

Plusieurs lecteurs de ce qui précède établiront leur propre diagnostic d'atteinte de cette maladie. En effet, qui parmi nous n'a-t-il déjà pas expérimenté l'un ou l'autre ou même plusieurs de ces symptômes au moins une fois dans sa vie? Il ne faut cependant pas confondre les symptômes occasionnels et résultants de plusieurs facteurs dont la

¹⁷ « Le rôle de l'ontologie de la tâche dans un habitat intelligent en télésanté » : présentation dans le cadre des 1ères journées francophones sur les ontologies. Sousse, Tunisie, 2007.

¹⁸ Une copie du scénario est donnée en exemple à la fin du document (Appendice A).

fatigue et l'épuisement et qui font partie des standards de la vie contemporaine, avec ceux de l'Alzheimer. En effet, la perturbation de la mémoire, premier et plus important symptôme permettant de poser le diagnostic de la dite maladie qui se manifeste à différents degrés au fil du temps, peut être vue comme la cause principale de tous les symptômes susmentionnés en fonction de l'évolution de la structure du cerveau. Par conséquent, chaque individu peut présenter ces symptômes à différents degrés et à différentes étapes de sa vie, en fonction de son historique médical et donc de son côtoiement des facteurs de risque dont l'un et non le moindre est la dépression.

Ceci nous permettra de constater qu'un individu atteint de cette maladie est une personne âgée (ou pour reprendre un langage politiquement correct, une personne vieillissante) dont le processus du vieillissement s'est manifesté de manière pathologique, contrairement aux autres types de vieillissement : normal, optimal et réussi (Charlot et Guffens, 2006). Cette typologie pose un grand défi aux théoriciens gérontologues dans leur tentative de détermination du cadre normatif universel de la notion du bien-être chez la personne vieillissante. Il n'est alors pas difficile d'imaginer le degré accru de complexité de ce défi dans le cas du vieillissement pathologique. Un des défis qu'une personne atteinte de l'Alzheimer doit relever si elle veut continuer de vivre de manière plus ou moins autonome, est de maintenir un certain niveau de régularité d'activités que l'on peut caractériser en 2 catégories, les activités de routines et les activités récréatives^{19,20}.

¹⁹ SAC : <http://www.alzheimer.ca/fr/Living-with-dementia/Day-to-day-living/Routines-and-reminders#>

²⁰ Alz.'s Association : <http://www.alz.org/care/alzheimers-dementia-daily-plan.asp>

1.3.2.1 Activités de routines

Dans cette catégorie, on retrouve les tâches ménagères correspondant entre autres à faire le lavage et le dépoussiérage, l'aspect nutritionnel qui comprend la préparation des repas et, finalement les soins personnels comprenant entre autres et allant de la prise d'un bain à l'habillement.

1.3.2.2 Activités récréatives

L'autre catégorie comprend des activités récréatives et sociales qui permettraient d'éviter au patient des situations d'ennui, pouvant causer des sensations d'inquiétude et d'insécurité, pouvant engendrer ainsi des crises d'angoisse qui conduisent la personne à des degrés extrêmes de dépression.

Or si tout ceci est d'apparence simple dans le courant normal des choses, il n'en est rien lorsque l'intéressé principal est un individu atteint de l'Alzheimer. Cela implique de toute évidence la nécessité d'une assistance continue pour lui procurer la sécurité et la sérénité requises.

1.3.2.3 Plan journalier de routines

*Alzheimer's Association*²¹ recommande la création d'un plan journalier qui permettra l'organisation des activités quotidiennes pour les trois périodes de la journée (matin,

²¹ http://www.alz.org/national/documents/brochure_activities.pdf

après-midi et soir). Ce plan doit voir le jour suite à une planification qui prendrait en considération les quatre dimensions suivantes :

- a) La personne elle-même. Lors de la planification d'une activité, il faudrait considérer plusieurs facteurs propres au patient comme ses forces et faiblesses physiques ou mentales et le potentiel de son amusement;
- b) L'activité, doit être conçue de sorte à stimuler un sentiment de joie chez le patient et non en fonction de l'accomplissement. Pour ce faire, plusieurs paramètres sont à considérer et parmi lesquels on peut citer les activités favorites de la personne, leur adaptation en fonction de son état et de l'évolution de la maladie;
- c) L'approche. Dans ce cas et encore, il s'agit de prendre en considération le patient et non les résultats et, pour y arriver, l'aidant doit faire preuve de beaucoup de patience, de flexibilité, de tact et de savoir-faire pour être en mesure non seulement de stimuler l'intérêt du patient envers l'activité mais aussi de pouvoir engendrer une évolution positive de confiance et d'estime de soi;
- d) Finalement, le lieu qui doit être sécuritaire, motivant et pouvant limiter au maximum ce qui pourrait provoquer de la distraction, pour ainsi éviter au patient la peur ou la confusion.

Nous retrouvons la même philosophie chez les autres associations et organismes (Russell et al., 2012) se dédiant à la cause des personnes souffrant de démences dont l'Alzheimer et se portant à la défense de leurs intérêts et ce, même s'ils divergent relativement dans la démarche à suivre ainsi que dans la méthodologie qu'ils préconisent. En effet, tous s'accordent sur le fait que l'établissement d'un plan routinier et récréatif permet de ralentir l'évolution de la maladie.

Cependant, même si les 4 dimensions décrites ci-dessus sont nécessaires pour aboutir à un plan journalier efficace, la variable la plus importante est le patient lui-même, en

raison du vieillissement continu et de l'évolution de la maladie. Un certain apprentissage impliquant en même temps la personne, la maladie et le tiers qui en est en charge par le biais de l'observation, de l'expérimentation et donc de l'*adaptation*, serait nécessaire. Or, sachant qu'une personne atteinte de l'Alzheimer perd progressivement sa capacité d'apprentissage parallèlement à l'évolution de la maladie, l'accent devrait être mis principalement sur l'apprentissage des acteurs autres que le patient. Prendre en compte tout ce qui caractérise le patient, à savoir : ses capacités physiques et mentales²² pourrait favoriser cet apprentissage.

Pour notre part et sans questionner la nature des activités dans un premier temps, nous pensons qu'il serait cohérent d'établir une frontière entre ce qui pourrait être accompli de manière totalement autonome ou en ayant un recours minime à un tiers intervenant, qu'il soit naturel ou artificiel et, ce qui exige la présence d'un aidant naturel. Nous optons donc pour la division des activités journalières sous la forme suivante :

- a) Activités pouvant être effectuées individuellement qu'elles soient de routine (standards) ou récréatives. Nous les nommerons activités de type (a.),
- b) Activités exigeant ou nécessitant que le patient soit accompagné.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini le vieillissement sous ses différentes facettes, normal et pathologique et dont l'Alzheimer constitue l'exemple le plus fulgurant. Avec des statistiques à l'appui, nous avons aussi montré l'impact et les défis que cette

²² Nous verrons plus loin comment notre modèle répond en grande partie à toutes ces exigences.

maladie impose aux individus et aux sociétés et, comment l'équilibre de la vie quotidienne de tous ceux et celles qui en sont affectés s'en retrouve perturbé.

Notre conclusion est que le vieillissement est un phénomène caractérisé comme « profondément dynamique » par (Vercauteren, 2001), exigeant des adaptations continues des deux côtés, celui de la personne vieillissante et celui de son entourage. Dans le cas de l'Alzheimer, ce point de vue est encore plus crucial puisque dans ce cas, la vie de la personne est régie par la maladie qui progresse au fur et à mesure que son âge avance. Ci-dessous, la citation de Steve Rudin, qui a agi à titre de directeur général de SAC (<http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-people.htm>), résume bien l'impact de cette maladie sur le Canada²³ ainsi que l'importance à accorder à sa gestion pour éviter une crise.

Le Canada pourrait se trouver face à une crise de gestion de la maladie d'Alzheimer au cours du prochain millénaire ... et il nous faut agir maintenant pour la prévenir.

Devant ce triste constat, l'idée d'offrir un peu de confort aux personnes âgées et spécialement à celles en perte d'autonomie cognitive, est justifiée et ne cesse d'intéresser différentes communautés de recherche. L'une des solutions possibles est ce qu'on appelle un système d'*Habitat Intelligent en Télésanté (HIT)*. Cela fait l'objet du chapitre suivant.

²³ Signalons qu'au moment de l'écriture de ces lignes, le Canada n'a toujours pas élaboré un plan national pour faire face à ce fléau, à l'instar de certains autres pays.

CHAPITRE II

HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ

2.1 Introduction

L'intelligence artificielle, essentiellement cognitive (Rialle, 1997) a pour principal objectif d'arriver à reproduire l'intelligence humaine. Dans ce sens, elle a recours à toutes les disciplines pouvant l'aider dans cette optique, telles la psychologie, la linguistique, la philosophie, la médecine, etc., agissant tantôt comme source d'inspiration, tantôt comme champ d'application.

Pour produire un système artificiel intelligent à l'image de l'intelligence humaine, il faut d'abord comprendre cette dernière. Pour ce faire, on doit comprendre le fonctionnement du cerveau humain. Or, comprend-on vraiment ce que fait le cerveau ? Comment fait-il ce qu'il a à faire ? Ou encore pourquoi le fait-il ainsi et pas autrement ? Les réponses à ces différentes questions permettront de guider les chercheurs en intelligence artificielle ayant comme finalité la construction d'une machine dont l'intelligence est au même degré que celui de l'intelligence humaine, sinon plus, mais dont les méthodes de mesure ne sont pas les mêmes.

Le concept de l'intelligence suscite toujours beaucoup de controverse. En fait, la question de savoir si l'être humain est intelligent ou non, a déjà fait l'objet de réflexion de la part des philosophes grecs dont Platon et Aristote. Traversant l'histoire, où tous les courants s'y sont intéressés, le concept d'intelligence a suscité encore plus d'intérêt au cours du 20^{ème} siècle et ce, grâce aux avancées dans la

compréhension des processus cognitifs et du cerveau humain (Silver, 2000). Cela dit, l'intelligence du système d'habitat intelligent en Télésanté n'est pas mesurable tel le quotient intellectuel (QI) d'une personne. Elle correspond plutôt à la capacité et à l'efficacité d'adaptation du dit habitat aux besoins particuliers de l'occupant en l'occurrence, le patient. Son objectif consiste donc à offrir un environnement intelligent au patient (qui est une personne vieillissante en perte d'autonomie cognitive), dans le but d'assurer son bien-être et sa sécurité.

Le présent chapitre consistera d'abord en un survol du concept d'intelligence qui sera suivi des définitions que nous adopterons pour les différents concepts en relation avec l'habitat intelligent. Nous procéderons aussi à un survol de l'aspect technique et structurel de l'habitat, de ses objectifs et défis, des considérations éthiques dont il faut tenir compte ainsi que des avancées technologiques, avant de conclure avec quelques exemples d'habitats conçus à cette fin.

2.2 Concept d'intelligence et controverse l'entourant

L'être humain est pourvu d'un ensemble de facultés mentales qui le distinguent de toute autre créature. Parmi ces facultés, on peut citer la cognition, le langage, la conceptualisation, l'introspection, la projection et l'imagination, caractéristiques définissant classiquement le concept de l'intelligence selon la plupart des spécialistes. Cependant, d'aucuns trouvent que cette définition est incomplète sans la base des connaissances et intuition dont dispose l'être humain. Grisar (2004) ajouterait qu'une espèce intelligente est celle qui survit en *s'adaptant*, et qui contribue ainsi à sa propre pérennité.

Le concept de l'intelligence suscite toujours beaucoup de controverse et donc il serait très difficile de trouver une définition qui ferait l'unanimité de la communauté

scientifique, même si traditionnellement, la description de ce concept se faisait en rapport avec le secteur de l'éducation dans la mesure où il constituait le « critère » de mesure de la performance scolaire d'un individu.

2.2.1 Concept d'intelligence : différentes approches théoriques

Deux principales approches se confrontent dans leur tentative d'appréhender le concept d'intelligence. Le premier courant opte pour le caractère général de l'intelligence alors que le deuxième est plutôt pour sa multiplicité. Les tenants du premier courant comme Eysenck, Galton, Jensen and Spearman entre autres (Han, 1998) défendent la thèse de la nature générale de l'intelligence dans la mesure où cette dernière est déterminée par un seul facteur « *g* » pouvant être mesuré en testant le quotient intellectuel (QI) de l'individu. La deuxième école de pensée soutient par le biais de l'un de ses leaders, H. Gardner, la multiplicité de l'intelligence humaine en dépit du fait qu'il n'y a pas de consensus sur le nombre de ses différents types. En effet, ce dernier s'inspire dans sa démarche de la structure biologique du cerveau du moment que chacune de ses différentes régions se spécialise dans une fonction cognitive spécifique.

D'autres auteurs par contre font abstraction de son aspect uni ou multidimensionnel et définissent l'intelligence par rapport aux résultats. Ainsi, Faria (2006) fait confronter dans son article deux points de vue concernant le concept d'intelligence. Le premier est statique et présente l'intelligence comme une entité globale et stable, jugée à travers les résultats accomplis. L'affirmation de (Goertzel, 1993) en dit beaucoup : « Intelligence is the ability to **achieve complex goals** in a complex environment ». Le second est dynamique et voit l'intelligence plutôt comme un ensemble de compétences pouvant se développer par le biais d'effort. Dans un autre ordre d'idées,

Polyakov (2002) pour qui l'*intelligence* est un terme encore flou, fait une distinction très intéressante entre ce qu'il appelle l'intelligence générale (que nous caractérisons d'*Intelligence innée*) et l'intelligence à base de connaissances (que nous nommons *Intelligence acquise*) qu'on peut parfaire à l'aide de l'*apprentissage*. Quant à la mesure du degré d'intelligence, là aussi Polyakov (2002) met l'accent sur le fait que ce qu'on peut mesurer est le comportement et non l'intelligence elle-même puisque cette dernière est une caractéristique intrinsèque (Negnevitsky, 2001) du système cognitif naturel à la différence du comportement.

2.2.2 En quoi l'intelligence humaine diffère-t-elle de celle artificielle?

Human intelligence is among the most fragile thing in nature. It doesn't take much to distract it, suppress it, or even annihilate it (Neil Postman, 1988, cité dans Aronson et Steele, 2005).

L'intelligence humaine est un système vivant dont le siège est le cerveau, qui est en perpétuelle évolution (Grau et al., 2007). En effet, l'être humain dans son action contre l'imprévu et pour assurer son auto adaptation, procède en trois étapes qui sont l'inscription, la classification et la catégorisation, identifiés comme les trois types de représentation (Meunier, 2002). Pour (Polyakov, 2002), la différence entre un système intelligent naturel et un autre artificiel résiderait dans le fait que l'intelligence innée du premier hérite génétiquement d'un niveau supérieur à celui du second dont la source de son héritage est l'information provenant du matériel (*hardware*) ou/et du logiciel (*software*).

2.2.3 Définitions

Dans ce paragraphe, nous définissons les différents concepts que nous utiliserons tout au long de ce chapitre et parmi lesquels les deux plus importants à savoir : l'habitat intelligent en télésanté et le patient. Mais avant, nous offrons au lecteur quelques définitions du concept d'intelligence (quatre) qui méritent d'être soulignées dans ce paragraphe et que nous avons sélectionnées à travers toute une panoplie de définitions.

2.2.3.1 Définitions de l'intelligence

Définition 1 – Intelligence = capacité de faire preuve de bon jugement (Alfred Binet)
 Pour Alfred Binet, l'intelligence est définie par une faculté intellectuelle fondamentale qui est d'une grande importance (si ce n'est la plus importante parmi les autres facultés) pour la vie pratique de l'individu à savoir sa capacité de faire preuve de bon jugement. Cette capacité se traduirait chez l'individu par de l'initiative et de l'auto-adaptation en fonction des circonstances. Ci-après sa définition (Binet et Simon, 1916) :

It seems to us that in intelligence there is a fundamental faculty, the alteration or the lack of which, is of the utmost importance for practical life. This faculty is judgment, otherwise called good sense, practical sense, initiative, the faculty of **adapting** one's self to circumstances. A person may be a moron or an imbecile if he is lacking in judgment; but with good judgment he can never be either. Indeed the rest of the intellectual faculties seem of little importance in comparison with judgment.

Définition 2 – Intelligence = capacité d'apprendre et de s'adapter (M.J. Wagnon)

La définition que Wagnon donne de l'intelligence fait référence à l'**apprentissage** et l'**adaptation** à de nouvelles conditions. On retrouve cette définition dans (Wagnon, 1937, p 401) : « Intelligence is the capacity to **learn** and **adjust** to relatively new and changing conditions. »

Définition 3 – Intelligence = capacité à résoudre des problèmes (Gardner)

Qu'elle soit multiple ou unitaire, Gardner voit l'intelligence d'un être humain à travers sa capacité de résolution des problèmes ou son apport à la société dans laquelle il évolue. Ci-après deux extraits (Gardner, 1983), qui en témoignent mais qui à notre sens font aussi référence, implicitement certes, à celle de l'apprentissage puisqu'il y évoque la notion de l'acquisition de nouvelles connaissances.

[...] refers to the human ability to solve problems or to make something that is valued in one or more cultures. As long as we can find a culture that values an ability to **solve a problem** or **create** a product in a particular way, then I would strongly consider whether that ability should be considered an intelligence.

et

To my mind, a human intellectual competence must entail a set of skills of **problem solving** — enabling the individual to resolve genuine problems or difficulties that he or she encounters and, when appropriate, to create an effective product — and must also entail the potential for finding or creating problems — and thereby laying the groundwork for the **acquisition of new knowledge**. <http://en.wikipedia.org/wiki/Intelligence> - [cite_note-isbn0465025102-11](#)

Définition 4 – Intelligence = acquisition et utilisation des connaissances dans la résolution des problèmes en plus de pouvoir s'adapter à l'environnement (A.H. Woolfolk)

Woolfolk dans sa définition de l'intelligence (Woolfolk, 2006) met l'accent sur l'acquisition de la connaissance et son utilisation pour la résolution des problèmes ainsi que l'adaptabilité à l'environnement. En effet, « Intelligence is the ability or

abilities to **acquire** and **use knowledge** for **solving problems** and **adapting** to the world. »

Les différents auteurs se complètent et s'accordent à travers les quatre définitions ci-dessus sur les aspects de l'acquisition de la connaissance, son utilisation dans la résolution des problèmes, l'apprentissage ainsi que l'adaptabilité. Ci après notre définition de l'intelligence.

2.2.3.2 Intelligence : notre point de vue

L'intelligence de notre point de vue, qu'elle soit unitaire/générale ou multiple, est la capacité de *s'adapter* à des situations imprévues et imprévisibles qui se produisent dans la vie quotidienne d'un individu. Le pouvoir d'adaptation doit être soutenu par l'*apprentissage* pour mettre à jour la *base de connaissances* dont dispose le système. Il implique aussi implicitement un pouvoir de *résolution* de problèmes (imprévus) mais aussi un pouvoir de prédiction (situations imprévisibles).

Cette définition, est (peut être) valable dans le cas d'un système cognitif naturel et/ou artificiel. Or, vu que nous sommes confrontés dans notre contexte aux deux systèmes simultanément (naturel et artificiel), il importe de préciser qu'étant donné que celui naturel est une personne vieillissante atteinte de l'Alzheimer, notre définition concerne donc le système cognitif artificiel. Ce système étant celui de l'habitat intelligent en télésanté, ci-après sa définition, qui peut être vue comme la synthèse des définitions susmentionnées mais dont le sujet est l'habitat et l'objet correspond à la personne vieillissante (le *patient*).

2.2.3.3 Définition de l'habitat intelligent

Un habitat intelligent pour personne en perte d'autonomie, comme son nom l'indique, est un type de résidence qui doit pouvoir offrir un système *adaptatif* pour assurer le confort (mais surtout la survie) de l'occupant (Rialle et al., 2002).

L'occupant de l'habitat intelligent étant ce que nous nommons le *patient*, la définition de ce concept s'impose.

2.2.3.4 Définition du concept « Patient »

La définition qui suit a été présentée lors de la conférence ICOST 2005 (Latfi et Lefebvre, 2005). Nous l'avons qualifiée à l'époque de définition intuitive. Il faut reconnaître que dix années plus tard, cette définition est toujours d'actualité. Ainsi, un patient est :

une personne dont les fonctions cognitives sont en régression continue en raison du vieillissement pathologique et dont la santé (physique ou mentale) requiert une supervision continue.

Définition qui bien évidemment répond à tous les critères d'une personne atteinte de l'Alzheimer et qui dans sa deuxième partie décrit de manière implicite, la nécessité du recours à une technologie évoluée comme le système d'HIT, entre autres.

Maintenant que nous avons passé en revue les concepts les plus importants concernant le HIT, nous nous attarderons un peu sur ses objectifs et défis.

2.3 Objectifs et défis du HIT

L'objectif principal d'un système d'habitat intelligent consiste à offrir un complément au système cognitif du patient pour lui permettre de mener une vie normale. Pour cela, il doit bien *connaître l'occupant et agir en conséquence*. L'atteinte d'un tel objectif suppose que l'on dispose d'un ensemble de données, transformées en informations utiles par l'intermédiaire de connaissances, de savoirs et de savoirs-faire dont dispose le système, lui permettant une interprétation automatique contextuelle. La source des données provient de l'occupant de l'habitat (son profil, ses habitudes, son comportement etc.). Les connaissances proviendront autant des données et informations fournies initialement au système informatique que des données que le système aura transformées en *apprenant* les habitudes de l'occupant par le moyen de divers capteurs, qui permettront au système de prendre action et, éventuellement de déclencher des alarmes en cas de détection de situation à haut risque.

La donnée est la matière brute qui sera perçue par le système à travers le comportement du patient. L'information est le produit fini (ou final) obtenu après la transformation de la donnée "brute". La transformation des données en informations sera assurée par les connaissances et l'expertise que le système aura acquise dans le processus d'apprentissage autant que par les algorithmes et données fournis initialement.

L'information générée permettra au système de faire des prévisions, du raisonnement et même de l'*action* (en lançant des alertes, par exemple) amenant les intervenants à agir auprès du patient, le cas échéant. La Figure 2.1 correspond au modèle graphique statique (Prince, 1996) adapté au contexte du système d'habitat intelligent et donne une idée synthétique du processus.

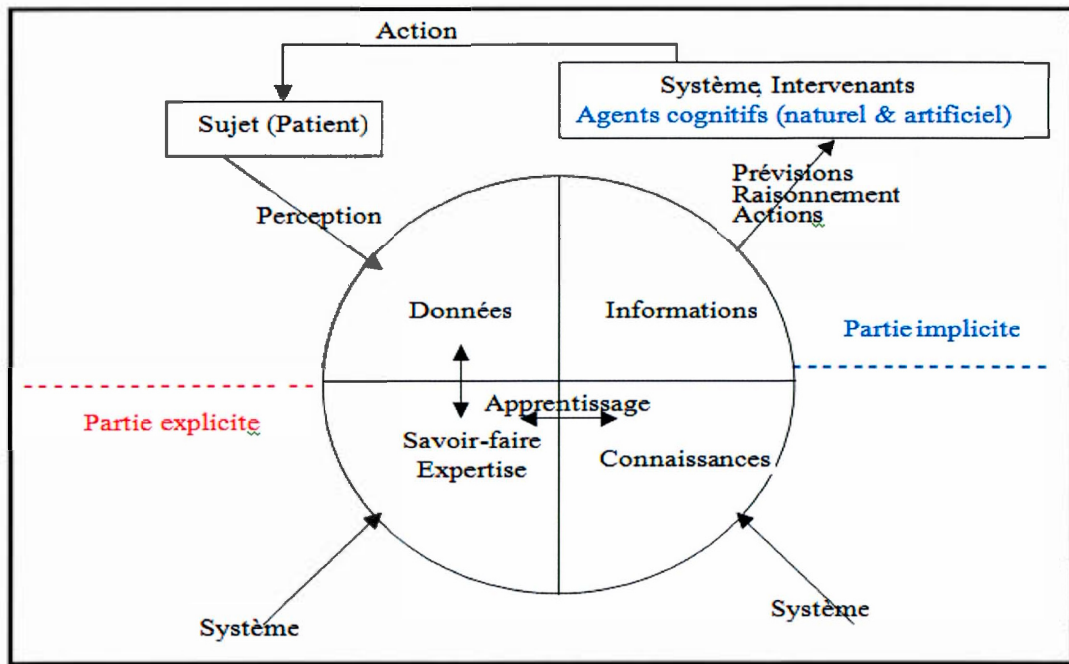


Figure 2.1 Modèle graphique statique adapté

Il est clair d'après la lecture du digramme ci-dessus que la dimension informationnelle joue un rôle crucial dans la réussite (ou non) du système à atteindre ses objectifs. Il faut signaler cependant que pour cela, le support technique et technologique est d'une très grande utilité, mais seulement dans la mesure où l'observation stricte de règles visant non seulement le bien-être du patient mais aussi sa dignité, est acquise. Autrement dit, lors de la définition des besoins du système, une description adéquate des caractéristiques générales et spécifiques du patient est nécessaire. La définition de son profil doit en effet prendre en considération les critères cités dans la sous-section, intitulée *aspect humain*. Toutefois, l'utilisation des nouvelles technologies dans le suivi du patient et de son comportement, ne doit pas être dénuée d'une certaine moralité.

2.3.1 Aspect humain

La prise en charge d'une personne âgée en perte d'autonomie cognitive ne serait en aucun cas efficace sans la prise en compte de différents aspects dont le plus important concerne la dimension humaniste. En effet, comme l'expose Phaneuf dans (Phaneuf, 1998), la définition d'une approche de soins pour une personne âgée atteinte d'une démence, doit prendre en considération la personne elle-même, avec ses réactions, ses angoisses et sa personnalité. Nous ajoutons à cela, son vécu et sa culture. Ceci lui confère un caractère unique dans la mesure où même si la maladie a les mêmes caractéristiques, elle n'est pas vécue de la même manière par tous. Toujours selon (Phaneuf, 1998), la qualité des soins offerts à la personne atteinte de l'Alzheimer doit prendre en compte les principes gériatriques qui sont au nombre de sept :

1. Le premier principe implique la **protection de la personne** en question, la **promotion de sa santé** ainsi que la **prévention des complications**;
2. La **satisfaction des besoins de la personne soignée**. Ces besoins peuvent être **exprimés par la personne elle-même ou par son entourage**;
3. Le troisième principe impose l'acceptation et le respect du malade, quel que soit son état;
4. Le quatrième consiste à favoriser le maintien de son identité, de son autonomie et de sa personnalité;
5. Le cinquième fait en sorte de prévenir le désengagement social, **stimuler la personne à interagir avec son environnement et réduire son inactivité**;
6. Le sixième principe consiste à aider le malade à "*fonctionner à un niveau maximal sur les plans physique, psychologique, social et spirituel*" et;
7. Finalement, le dernier principe concerne l'aide de la personne à accepter son nouveau statut et donc l'aider à **s'adapter à sa nouvelle vie**.

La synthèse de ces différents principes, particulièrement les parties qui sont mises en surbrillance, nous a permis de définir en gros les objectifs auxquels un système d'habitat intelligent doit répondre, que nous avons présentés au début de la section (2.3). Cela correspond à la partie droite du volet explicite du modèle graphique statique adapté (Figure 2.1) ou tout simplement, l'information qui permet aux agents cognitifs naturel et artificiel de prendre en charge le fonctionnement du système afin d'être sécuritaire pour le patient. Pour arriver à cette finalité, le système fait face à des défis de taille, représentés principalement par la partie inférieure ou explicite du diagramme à la Figure 2.1. Ces défis sont résumés dans ce qui suit.

2.3.2 Défis techniques

Les principaux défis sont au nombre de trois (Latfi et Lefebvre, 2005). Une représentation efficace de la connaissance de base, un bon système de raisonnement permettant l'inférence de nouvelles connaissances et finalement, une interface homme-système devant permettre une communication efficace entre le système et ses utilisateurs.

2.3.2.1 La représentation de la connaissance et l'HIT

Pour Winston (1988), toutes les représentations informatiques sont équivalentes du point de vue théorique. Cependant, sur le plan pratique, une méthodologie peut s'avérer plus ou moins adéquate pour la résolution de tel ou tel problème. Dans son livre sur l'intelligence artificielle, Winston évoque huit conditions qu'il qualifie de

sine qua non (Winston, 1988, p.24) pour avoir une bonne représentation, que nous citons ci-après :

1. Rendre explicites les faits importants;
2. Exposer les contraintes naturelles pour faciliter certains types de calculs;
3. Être complète : elle doit pouvoir énoncer les choses efficacement;
4. Être concise : on doit pouvoir énoncer les choses clairement;
5. Être complètement transparente : on doit comprendre ce qui est dit;
6. Faciliter le traitement informatique : on doit pouvoir stocker les informations et les retrouver rapidement;
7. Supprimer les détails : les informations rarement utilisées doivent être mises en retrait, tout en restant disponibles en cas de besoin et;
8. Être exécutable par une procédure existante.

Ainsi, dans le cadre du HIT, le système doit posséder la capacité d'intégrer une représentation sous forme de méta modèle, définissant une structure globale permettant de prendre en compte toutes les situations possibles mais pouvant être instancié pour chaque situation particulière. Ceci passe par plusieurs étapes où la modélisation (représentation) de la personne en perte d'autonomie joue un rôle primordial. Ainsi, on définira le concept de la personne ayant besoin de soins spécifiques. La modélisation de la personne devra prendre en considération non seulement l'histoire, le vécu mais aussi les dimensions temporelle et spatiale (caractéristiques particulières de l'habitat, lieux à risque, etc.), dans le but de permettre une meilleure perception par le système.

Cependant, la modélisation d'un être vivant, et spécialement de l'être humain, ne peut refléter la réalité si elle ne tient pas compte de ses émotions. Une même action peut

(et doit) être interprétée différemment si les motivations, l'intention de l'action diffèrent. La connaissance du profil psychologique de la personne peut jouer un rôle important dans l'interprétation des gestes qu'elle pose. Cela rejoint la majorité des principes gériatriques cités ci-dessus.

2.3.2.2 Le raisonnement et l'HIT

Défini de manière générale, le raisonnement est la capacité de faire des inférences. D'un point de vue logique, le raisonnement correspond à l'utilisation de la *raison* pour arriver à une conclusion, en partant de certaines hypothèses et moyennant une certaine méthodologie (Wikipedia, s.d.). Ce point constitue un défi de taille pour l'HIT dans la mesure où il doit disposer d'un système de raisonnement qui, à partir de connaissances de base sur l'habitat, le patient et son comportement "normal", serait capable de générer de nouvelles connaissances qui permettraient au système de mener à bien sa tâche.

Le manuel de référence de l'intelligence artificielle (Barr et Edwards, 1981) en donne la description suivante :

When the system is required to do something that it has not been explicitly told how to do, it must reason - it must figure out what it needs to know from what it already knows... The system must be able to deduce and verify a multitude of new facts beyond those it has been told explicitly.

2.3.2.3 Visualisation de l'information et l'HIT

Le troisième défi pour l'HIT est l'aspect concernant la communication homme - système. En effet, l'intelligence du système ne réside pas seulement dans

l'intelligence de la représentation du domaine. Elle concerne aussi l'interaction des différents utilisateurs avec cette représentation.

En d'autres mots, ce sont l'architecture de l'information ainsi que la visualisation, qui font qu'un système soit intelligent et puisse être utile. Le rôle de la visualisation est d'amener l'utilisateur à percevoir le message véhiculé par l'interface.

La visualisation de l'information, contrairement à la visualisation scientifique qui s'intéresse aux données, s'intéresse à l'information. Elle trouve son application dans les champs aussi variés que les interfaces Homme-Machine, la fouille des données (*Data-Mining*), le traitement d'images, les graphiques. C'est donc un domaine de recherche inter et multi disciplinaire (Chaomei, 2002), qui suscite beaucoup d'intérêt.

L'engouement pour la recherche dans la visualisation de l'information est justifié par la croissance vertigineuse des volumes de données et d'informations, dont la disponibilité est rendue possible grâce à l'avènement de l'Internet. À cela s'ajoute que l'informatisation touche à tout ce qui concerne les secteurs économique, financier et militaire en particulier (Gershon et Eick, 2006).

Cependant, la visualisation de l'information fait face à plusieurs défis. Les principaux sont son utilisation pour la résolution de problème du monde réel et l'adaptation (*tailoring*) du système de visualisation en fonction des capacités humaines de perception et de traitement de l'information (Gershon et Eick, 2006).

Ces défis sont bien présents quand l'un des problèmes du monde réel concerne la vie d'un être vulnérable tel qu'une personne vieillissante atteinte de l'Alzheimer, dont les capacités perceptives sont très perturbées (pour ne pas dire limitées) et dont la survie dépend de la capacité du système à résoudre ce problème. C'est dans ce sens que la visualisation efficace de l'information constitue un grand défi pour le système d'habitat intelligent pour personnes âgées en perte d'autonomie cognitive.

Parallèlement à cela, la complexité de ces défis se trouve renforcée par les défis d'ordre cognitif.

2.3.3 Défis cognitifs

Les défis cognitifs qui sont au nombre de trois, la catégorisation, l'apprentissage et la mémoire, le sont aussi au niveau informatique.

2.3.3.1 La catégorisation

La catégorisation est centrale à la cognition selon J.K. Kruschke (2005). Elle correspond à l'inférence des attributs inconnus (non vus) à partir de caractéristiques observables. Il n'y a pas de consensus sur la manière dont le cerveau humain procède à la catégorisation, ni sur le type de représentation utilisée dans ce processus. La catégorisation selon (Meunier, 2002) est une représentation de haut niveau basée sur la manipulation des résultats produits par la représentation au deuxième niveau qu'est la classification et permet d'organiser les classes en systèmes catégoriels que sont les ontologies. Ceci étant dit, l'apprentissage y joue un rôle clé.

2.3.3.2 L'apprentissage

L'apprentissage fait partie intégrante de la vie de l'être humain, avant même sa naissance. En effet, nous savons qu'à la naissance, le bébé reconnaît déjà la voix de sa mère, chose qu'il a sûrement apprise à l'étape prénatale. Cet apprentissage

continuera tout au long de la vie et même en périodes de sommeil (actif). Pour Young et Wasserman (2005), ce qui distingue l'être humain des autres créatures, est sa capacité illimitée d'apprentissage. Selon Guthrie (1946),

When we are able to state the general principles which govern human learning, we shall have the most important tool needed for the prediction and control of human behavior.

Le vieillissement cognitif, selon la définition ayant fait l'objet de consensus auprès de la communauté des psychologues cognitifs, correspond au déclin de performance et concerne plusieurs fonctions cognitives qui sont en particulier les fonctions de mémoire et de l'attention, fonctions très liées à l'apprentissage. Or, dans le cas de l'Alzheimer, ces fonctions cognitives sont encore plus atteintes. En effet, il est connu que le cerveau humain est un organe plastique (Proust, 1997, pp. 81-99) dans la mesure où il est capable de s'adapter et de se réorganiser en cas de lésion partielle. Cependant, comme l'Alzheimer est une maladie dégénérative qui détruit les cellules du cerveau et qui est irréversible, et que l'adaptation du cerveau doit passer par l'apprentissage, la plasticité du cerveau du patient se trouve très limitée, même face aux situations familières. Ce sera donc au système d'assurer cette plasticité à travers l'apprentissage.

2.3.3.3 La mémoire

La mémoire est généralement concernée par les trois processus suivants : l'encodage de l'information, son stockage qui permet sa maintenance à travers le temps et son repérage en vue de son éventuelle utilisation (Neath et Surprenant, 2005). Comme nous l'avons déjà signalé, la perte de mémoire est la caractéristique principale de la maladie d'Alzheimer. Le système doit donc faire face non seulement à la gestion des

mémoires de stockage des données, des connaissances ainsi que de l'information, il doit aussi savoir gérer les « pannes » de mémoire du patient.

2.4 Avancées technologiques

Il fut un temps où IBM affichait dans ses annonces d'emploi, un slogan qui commençait par la déclaration suivante : « le premier jour, on ne vous demande pas de décrocher la lune... ». Actuellement, une partie de ses slogans publicitaires est : « Êtes-vous prêt à rendre notre planète plus intelligente? ». Ceci démontre non seulement le désir d'efficacité recherchée par cette compagnie mais aussi la portée de ses ambitions, qui incorporent nulle autre que le concept d'*intelligence* à l'échelle planétaire. Cependant, le but de ce paragraphe n'est pas de faire des éloges de la dite compagnie mais plutôt de décrire son bébé à savoir le superordinateur Watson, qui représente une avancée incroyable dans le domaine de l'intelligence artificielle. Watson, nommé en hommage à Thomas John Watson – Sr, président d'IBM de 1914 à 1956, a été développé spécifiquement pour « *Jeopardy*²⁴ », le fameux jeu télévisé américain dont la spécificité réside dans le fait que les réponses doivent être sous forme de questions, en se basant sur un ensemble d'indices. Watson a pu relever le défi en étant le premier à gagner le prix d'un million de dollars en 2011 et ce, en affrontant les deux meilleurs champions du jeu²⁵ à l'époque. Cependant, l'utilité de Watson en ce qui nous concerne, serait son utilisation comme outil d'aide à la décision et particulièrement dans le domaine de la santé. Par exemple, Watson assistera les médecins dans l'identification de traitements individualisés des patients

²⁴ <http://www.jeopardy.com/showguide/abouttheshow/showhistory/>

²⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Watson_%28computer%29

atteints du cancer²⁶ de poumons dans un premier temps. Or, le lecteur pourrait se demander en quoi le fait d'évoquer ce qui précède serait utile à notre recherche. En effet, même si le titre parle d'avancées technologiques, nous nous limiterons au cas de Watson car le but est non pas d'en présenter un état de l'art mais plutôt de démontrer que les progrès technique, technologique et scientifique sont à un niveau (seuil) qui nous permette d'afficher notre optimisme en ce qui concerne l'avenir des soins auxquels tout être humain, en perte d'autonomie spécifiquement, serait en droit d'aspirer. Cependant, la prudence est de mise car, pour être capable d'apporter une aide adéquate, Watson doit faire preuve d'une capacité phénoménale d'apprentissage et donc, la base dans laquelle il va puiser ses connaissances doit l'être aussi. Il faut aussi garder à l'esprit que l'intervention de l'être humain ne peut être écartée définitivement car il arrive que Watson ne dispose pas de l'ensemble d'éléments lui permettant de trancher de façon absolue en faveur de telle ou telle décision. Cela nous amène à constater que dans le cas d'un habitat intelligent en télésanté, le défi est encore plus imposant puisqu'il s'agit de prendre en considération non seulement l'aspect décisionnel mais aussi celui technique, matériel et humain. Le lecteur est d'ailleurs invité à prendre connaissance du cas fictif présenté par Hélène Pigot et ses collègues dans (Pigot et al., 2007). Il décrit en effet parfaitement le nombre ainsi que les niveaux de défis auxquels doit faire face le système d'habitat intelligent, pour mener à bien sa tâche d'assistance cognitive. En fait, une coopération et une collaboration multidisciplinaires seraient nécessaires. Le projet ADREAM (Architectures Dynamiques Reconfigurables pour systèmes Embarqués Autonomes Mobiles) piloté par le laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS) au sein du CNRS en est le parfait exemple. Même si l'assistance aux personnes âgées ne constitue qu'une vision parmi tant d'autres, l'atteinte potentielle des objectifs du projet ADREAM permettra d'y contribuer de manière importante. L'image illustrée par la Figure 2.2 en dit long.

²⁶ <http://amednews.com/article/20130225/business/130229974/6/>



Figure 2.2 Projet ADREAM²⁷

Cela dit, les avancées technologiques concernant les HITs seront présentées sous forme d'exemples dans la section de 2.8 intitulée « quelques exemples ». Dans ce qui suit, nous nous intéressons à l'aspect technique de l'habitat intelligent.

2.5 HIT - Techniquement parlant

L'habitat intelligent repose sur deux composants essentiels (Pigot et al., 2003). L'un est fixe et composé de détecteurs de mouvements et de matériels électriques installés dans le logement. L'autre est mobile et consiste en capteurs portés par l'occupant.

²⁷ Source : <http://www.laas.fr/ADREAM/51-31931-Le-projet-Adream.php>

L'intelligence de l'habitat réside dans le fait d'assister le patient à éviter tout risque (immédiat ou à long terme) pouvant mettre sa vie en danger. Cette intelligence devrait être assurée par une infrastructure informatique, composée de trois couches.

1. La couche matérielle (ou inférieure) est constituée de capteurs et matériels électriques. Elle est spécialisée dans la collecte des données et informations provenant de quatre types de capteurs, à transmettre à travers la couche supérieure. Ces capteurs sont celui d'activité (déplacement du sujet, le capteur d'actimétrie (vibration, chute), le capteur physiologique (pression sanguine, poids, etc.) et le capteur environnemental (température, fumée...).
2. La couche supérieure est concernée par les services de télésurveillance, l'aide à la tâche ainsi que l'interaction avec le monde extérieur.
3. Entre les deux couches, se trouve la couche intermédiaire, sous forme d'un ensemble d'outils permettant le développement d'applications de traitement des données et devant tenir compte de plusieurs facteurs, tels les réseaux sans fil, spontanés ainsi que la réflexivité des composantes et des algorithmes.

2.5.1 Structure de l'Habitat

La Figure 2.3 suivante donne un aperçu de la structure d'un tel habitat qui peut être considérée sous deux angles. Un aspect interne, qui concerne la personne bénéficiaire (le patient) d'un tel service et son environnement et, un aspect externe, représenté par le système informatique et de télécommunication ainsi que les intervenants (secouristes, intervenants sociaux, médecins, etc.). Cette distinction, qui n'est d'ailleurs pas la seule possible, permet d'avoir une idée générale des différents

aspects de l'HIT. Nous verrons plus loin comment nous adapterons notre modèle ontologique en fonction de cette représentation.

Aspect Interne	
<u>Personne :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Capacités physiques - Capacités intellectuelles - Habitudes, hobbies... 	<u>Environnement :</u> <ul style="list-style-type: none"> - L'appartement - Capteurs - Dispositifs médicaux - Système informatique
Aspect Externe	
<ul style="list-style-type: none"> - Système informatique et de communication - Intervenants (secouristes, intervenants sociaux, médecins) ... 	

Figure 2.3 Structure de l'Habitat Intelligent

2.5.2 Quelques exemples

La domotique est la contraction du terme latin « domus » signifiant domicile et de tous les autres domaines allant de l'électronique jusqu'à l'informatique²⁸, ou encore « domus » et automatique²⁹ et, contribuant à faire de ce domicile un lieu aussi confortable et sécuritaire que possible. Si pour le commun des mortels, la domotique, généralement associée au concept de « maison intelligente » représente le moyen de confort, dans notre cas, l'intelligence de l'habitat concerne non seulement le confort mais aussi et surtout la sécurité du patient, ce patient étant la personne vieillissante

²⁸ <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=8114>

²⁹ <http://www.cite-sciences.fr/fr/bibliotheque-bsi/contenu/c/1239022244191/domotique-la-maison-numerique/>

atteinte de l'Alzheimer et ayant des besoins spécifiques auxquels la domotique ne saurait répondre à elle seule, sans l'apport de l'intelligence artificielle. C'est ce qui explique en fait l'intérêt que porte la communauté scientifique à la question du logement pour personnes vieillissantes et ce depuis des années. Le foisonnement d'organisations et de congrès internationaux, dédiés à la défense de la cause du vieillissement, qu'il soit normal ou pathologique, en est le parfait témoin. Parmi ces événements, l'année 2003 a vu la naissance de la conférence internationale sur les habitats intelligents reliés à la santé (« ICOST = *International Conference On Smart homes and health Telematics* ») avec sa première édition en Europe, réunissant tous les acteurs intéressés à trouver une solution permettant d'offrir un environnement viable et sécuritaire à la personne vieillissante, particulièrement en perte d'autonomie cognitive. La manifestation, qui a fait le tour du monde et a connu beaucoup de succès, est renouvelée chaque année et chaque année, elle se fixe une thématique spécifique. Au moment de l'écriture de ces lignes, la plus récente³⁰ étant celle organisée en 2013 et pour la deuxième fois à Singapour. Sa thématique est basée sur l'approche inclusive « *inclusiveness* ». L'objet d'une telle approche est de faire collaborer toutes les solutions et technologies visant toujours le même objectif, à savoir : offrir aux communautés vieillissantes un environnement combinant santé et bien-être.

Cependant, bien avant le début de ces manifestations, il y a eu des expérimentations parmi lesquelles, le projet de l'équipe AFIRM du laboratoire TIMC-IMAG, de l'université Fournier de Grenoble et présidée par V. Rialle (Rialle et al., 2002) au sein du CHU, pour fins d'expérimentation et simulation, supportées par un système complet de traitement de l'information allant de la perception à l'analyse complète des données.

L'architecture du prototype est donnée par la figure ci-dessous.

³⁰ <http://www.icostconference.org/cfp>

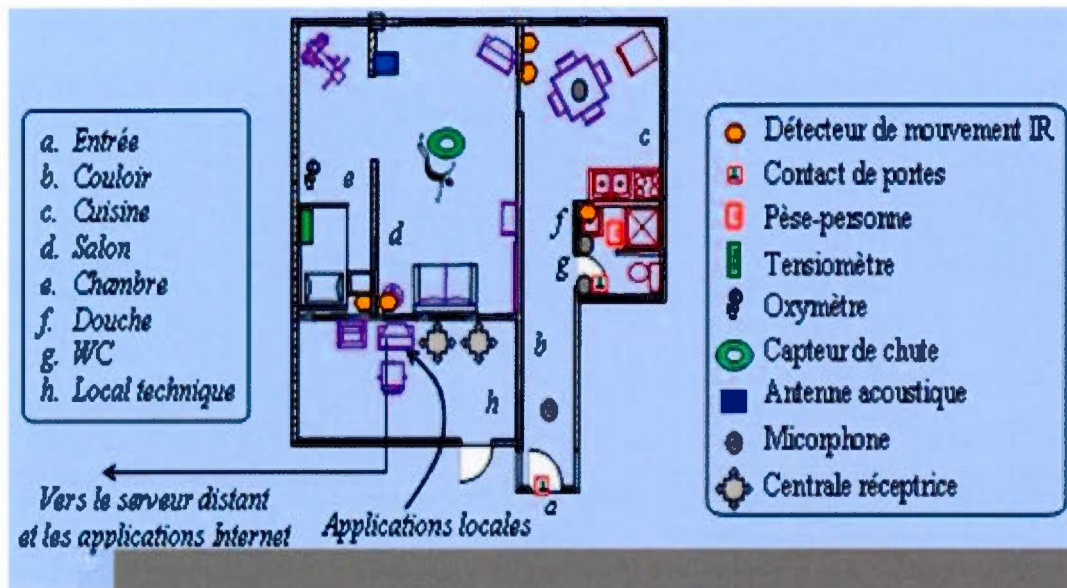


Figure 2.4 Architecture de l'habitat intelligent³¹

Aussi, des travaux sur l'architecture du système de l'habitat intelligent et une simulation de comportement d'un sujet à l'intérieur de l'habitat intelligent font déjà l'objet de publications et de présentations (Giroux et al., 2002; , Pigot et al., 2002; Pigot et al., 2003; Virone et al., 2003). D'ailleurs, la même équipe a procédé au lancement du projet DOMUS, un appartement - laboratoire au sein du département informatique de l'université de Sherbrooke, équipé de matériel et matériaux nécessaires à l'expérimentation³².

DOMUS ou le laboratoire de domotique et d'informatique mobile de l'Université de Sherbrooke (UdeS), dirigé par une équipe polyvalente et multidisciplinaire de chercheurs provenant de plusieurs domaines, universités et même de différents pays,

³¹ Source : <http://www.cnrs.fr/Cnrspresse/n398/pdf/n398rd05.pdf>

³² Pour plus de détails, se référer aux travaux de l'équipe DOMUS et particulièrement à la présentation de Mme Pigot du 20 avril 2006, dans le cadre du cours de séminaires du DIC.

a vu le jour en 2002. Parmi les membres de cette équipe, on retrouve Sylvain Giroux (Directeur), Hélène Pigot, Philippe Mabillean, Bessam Abdulrazak, professeurs à l'UdeS. D'autres membres proviennent de différentes universités comme Abdennour Bouzouane de l'UQÀC, Nadjia Kara de l'ÉTS à Montréal, Mounir Mokhtari et Vincent Rialle de Telecom SudParis en France³³.

Si l'objectif initial de DOMUS est d'offrir un environnement exceptionnel pour faire avancer la recherche dans le domaine des habitats intelligents, avoir un impact positif réel sur la vie des personnes souffrant de troubles cognitifs en est le but ultime. Pour ce faire, il dispose d'un appartement bien équipé de différents types de capteurs et dont la structure est décrite au moyen de la **Figure 2.5**. Les capteurs ont pour rôle de permettre l'acquisition des données nécessaires à la simulation des différents scénarios dont ceux décrits par (Chikhaoui et al., 2010; Kadouche et al., 2010) et qui ont permis la constitution de deux séries d'ensembles de données, mis à la disposition de la communauté scientifique.

³³ Se référer au site du laboratoire pour une liste exhaustive des membres de DOMUS (<http://domus.usherbrooke.ca/membres/professeurs/>).

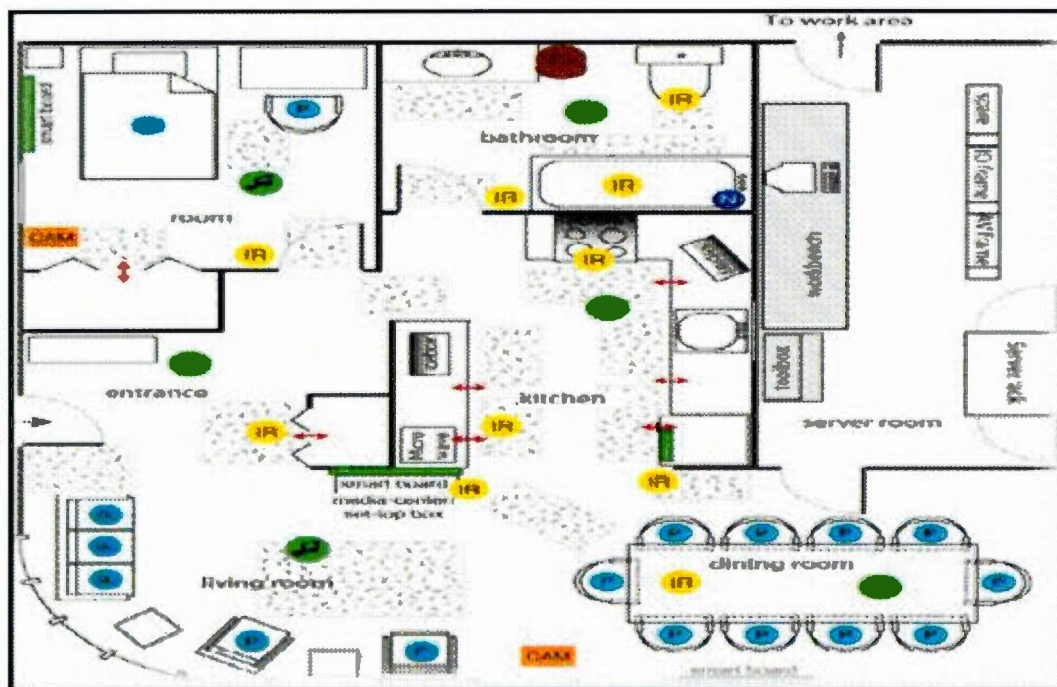


Figure 2.5 Structure du laboratoire DOMUS³⁴

Il faut noter cependant que la recherche dans le cadre des HITs est un domaine très vaste et soulève des problématiques scientifiques multidisciplinaires, qui constituent des défis de taille. Cela pousse les membres de la communauté de recherche à se spécialiser dans des projets s'intéressant à une pathologie spécifique. Descheneaux et al. (2007) en donne un aperçu, en voici quelques références : (Demitris et al., 2004; Elzabadani et al., 2005; Essa, 1999; Martin et al., 2005; Mynatt et al., 2000; Rantz et al., 2005; Rogers et Mynatt, 2003).

En effet, pour l'atteinte de ses objectifs, les défis auxquels un projet d'habitat intelligent en télé-santé pour personnes âgées en perte d'autonomie cognitive fait face, doivent prendre en considération plusieurs facteurs, parmi lesquels nous citons

³⁴ Source : (Chikhaoui et al., 2010; Kadouche et al., 2010).

principalement les facteurs humain et technique. Cela est détaillé dans la section suivante.

2.6 Considérations éthiques

On ne peut évoquer l'avancée vertigineuse que connaissent les technologies de l'information et de communication sans faire référence à l'éthique. En effet, l'« éthique » qui trouve son origine dans le mot grec « ethos » et fait référence au savoir vivre au sein de la société, suscite de plus en plus d'intérêt à tous les niveaux, mondial, national et local³⁵. L'éthique est une branche de la philosophie qui s'intéresse à l'être humain dans son interaction avec tous les facteurs de son environnement, incluant les autres humains. Cela veut dire que la notion de l'éthique fait référence à plusieurs autres notions essentielles dans la vie de tous les jours, à savoir la liberté, la responsabilité ainsi que la justice³⁶, notions toutes aussi inter-reliées les unes aux autres.

Vouloir prendre soin d'une personne dans le besoin ou du moins lui venir en aide, part toujours d'un sentiment de noblesse. Or, la question qui se pose ou plutôt qui s'impose dans le cas du patient est : quelle serait l'étendue de l'assistance à lui porter sans que cela n'outrepasse les limites? Autrement dit, à partir de quel seuil, serions-nous conscients d'avoir franchi les frontières? Ces limites et frontières sont définies par l'étendue du respect de la vie privée du patient sans que sa vie ne soit en danger. En effet, comme exemple et entre autres, comment être sûr de ne pas violer le principe de confidentialité ou du respect du désir du patient à juste vouloir prendre

³⁵ Vincent Rialle, Séminaire du réseau interdisciplinaire « Santé et société » Lyon, 25 mars 2006.

³⁶ Valeurs et éthique. Récupéré de <http://www.tbs-sct.gc.ca/gui/ethpr-fra.asp>

des moments de répit, si on déclenche une mesure d'urgence par souci de prévention? On s'entend bien-sûr qu'une action soit toujours justifiée en présence d'une situation particulière cependant, dans l'éventualité d'une situation inhabituelle, le système ou l'intervenant devrait faire preuve d'une capacité exceptionnelle de jugement.

2.7 Conclusion

Dans le présent chapitre, nous avons commencé par la définition du concept d'intelligence (entre autres), qui constitue un aspect très important vu qu'il fait partie du titre du chapitre. Suite à cela, nous avons enchaîné avec les objectifs et défis du HIT et que nous avons divisés en trois catégories : défi au niveau de la personne elle-même; défi technique (ou informatique) que nous avons catégorisé en la représentation des connaissances, le raisonnement et la visualisation de l'information et; finalement le défi cognitif qui concerne à son tour la catégorisation, l'apprentissage ainsi que la mémoire. Nous avons aussi exposé (aidés par quelques exemples et figures) la définition, les caractéristiques matérielles et techniques d'un habitat intelligent.

Comme nous l'avons signalé au niveau de l'introduction, l'habitat intelligent est le cadre général et champ d'application de notre recherche et donc il permettra de mettre à l'épreuve la portée de notre outil.

Partant de ce que nous avons vu jusqu'à présent, le chapitre suivant sera consacré aux ontologies et formalismes de représentation.

CHAPITRE III

ONTOLOGIES ET REPRÉSENTATION DE LA CONNAISSANCE

3.1 Introduction

L'intelligence artificielle³⁷ qui n'a connu un vrai essor qu'au cours du siècle dernier avec les travaux de G. Frege, B. Russell, K. Gödel, A. Turing, etc., trouve ses origines loin dans le passé avec l'épistémologie d'Aristote (Luger, 2002 ; Rialle, 1997 ; Roche, 2003).

Pour être intelligent, un système doit disposer d'une représentation efficace de la connaissance de base, d'un bon système de raisonnement pour l'inférence de nouvelles connaissances ainsi que d'une interface homme-machine permettant la communication entre l'utilisateur et le système. L'efficacité d'une telle représentation dépend de la technique utilisée dans ce sens.

En effet, la représentation de la connaissance a connu le développement de plusieurs techniques depuis l'émergence de la discipline de l'intelligence artificielle. Parmi ces techniques, on retrouve les systèmes basés sur la logique classique, les systèmes à base de règles, les réseaux sémantiques, les graphes conceptuels, etc. Chaque nouvelle technique ayant comme prétention de remédier aux inconvénients de celle (ou celles) qui la précède (précèdent). Parmi les techniques de représentation

³⁷ Expression dont la naissance date de 1956 au séminaire de Dartmouth aux États-Unis.

contemporaines, les ontologies occupent une place prépondérante, en dépit de leur très jeune âge. Il ne faut cependant pas entendre par-là les ontologies comme un formalisme de représentation dans le sens des réseaux sémantiques ou les *frames* par exemple (Mizoguchi, 2004).

En effet, les *ontologies* sont devenues le moyen de modélisation par excellence en intelligence artificielle. Un système artificiel intelligent doit permettre un dialogue et une coopération entre le système et l'être humain. La modélisation des connaissances à l'aide des ontologies permet de définir les termes et énoncés spécifiant « la sémantique d'un domaine de connaissances donné dans un cadre opérationnel donné »³⁸. La construction de systèmes dits intelligents par le moyen d'ontologies permettra donc une compréhension par le système non seulement de la syntaxe utilisée mais aussi de la sémantique associée et par là même une interopérabilité efficace.

L'ontologie, terme emprunté à sa discipline d'origine qu'est la philosophie et pour laquelle elle correspond à l'étude de l'existant, est définie de manière générale comme la formalisation d'une conceptualisation et correspond en gros à un ensemble de concepts définis par rapport à un domaine, leurs propriétés ainsi que les relations les régissant.

La structure du présent chapitre suivra dans un certain sens l'évolution chronologique du concept d'ontologie. Ainsi, la première section intitulée l'origine de l'ontologie, sera consacrée à l'aspect historique (philosophique) de l'ontologie. La deuxième section sera consacrée à l'aspect artificiel (en relation avec l'intelligence artificielle) de l'ontologie, quelques formalismes de représentation des connaissances ainsi que son rôle dans le développement de la connaissance. La dernière section sera dédiée à la construction d'une ontologie.

³⁸ L'ingénierie ontologique, de Frédéric Fürst.

3.2 Origine de l'ontologie : la philosophie

3.2.1 Ontologie et métaphysique

Les origines du concept d'ontologie remontent à l'époque d'Aristote³⁹. Il a été utilisé pour signifier ce que la métaphysique ne peut être : science de l'être en tant qu'être ou « Science of being as such » (Inwagen, 2001) ou « being qua being » (Jacquette, 2002), science qui devra permettre de déterminer quelles entités existent (« [...] ontology is the attempt to say what entities exist ») alors que la métaphysique se charge de leur description (« Metaphysics, by contrast, is the attempt to say, of those entities, what they are »)⁴⁰.

En effet, la métaphysique, qui selon Aristote avait à sa charge trois tâches : la découverte des principes premiers et des causes de la réalité, l'étude de l'être en tant qu'être et l'étude de Dieu

[...] the discovery of the first principles and causes of reality, the study of being qua being, and the study of the divine, named after Aquinas *prima philosophia*, *metaphysica* and *theologia* respectively [...]⁴¹,

constitue pour sa partie générale, l'origine de l'ontologie (Paraire, 2001) contemporaine, comme en témoigne cette définition : «[...] **Metaphysica generalis** was also called **ontologia** and was meant to investigate the most general concepts of

³⁹ Le terme Ontologie (*Ontologia*, *Ontology*) a été utilisé par les disciples d'Aristote pour désigner ce qu'il appelait « Philosophie première : first philosophy, *prima philosophia* » (Smith, 2003).

⁴⁰ <http://www.artsci.wustl.edu/~philos/MindDict/ontology.html>

⁴¹ Viezzer, M. Ontology in philosophy. Récupéré à l'écriture de ces lignes de <http://www.cs.bham.ac.uk/~mxv/report2/node4.html>

being [...] »⁴², contrairement à la métaphysique spéciale qui se consacrait à l'étude de Dieu, l'Âme et le Monde⁴³ ou le Corps (Paraire, 2001). Le mérite de la distinction entre métaphysique générale et métaphysique spéciale revient à Christian Wolff à qui on doit la popularisation du terme *Ontologie* puisque son apparition date de beaucoup plus longtemps avant l'ouvrage de Wolff, intitulé « *Philosophia prima sive ontologia methodo scientifica pertractata, qua omnes cognitionis humanae principia continentur* » et publié pour la première fois en 1730 (Corazzon, [s. d.]). Selon Barry Smith (2003), le terme *Ontologie* (*Ontology*) a été inventé en 1613 indépendamment par deux philosophes, Rudolf Göckel (Goclenius) dans « *Lexicon philosophicum* » et Jacob Lorhard (Lorhardus) avec « *Theatrum philosophicum* » et utilisé pour la première fois en Anglais dans le dictionnaire Bailey en 1721.

Ce qu'en dit Roche (2004) en présentation de l'*Ontology Craft Workbench (OCW) & OK Station* :

L'ontologie, étymologiquement « ontos » (être) et « logos » (science, langage), s'intéresse à la « science de l'être en tant qu'être, indépendamment de ses manifestations particulières. Elle relève donc de la métaphysique (le terme lui-même apparaît tardivement en 1692, emprunté au latin scientifique *ontologia* (1646)).

3.2.2 Ontologie (Ontology) vs ontologie (ontology)

Il y a lieu de préciser la distinction à faire entre Ontologie (Ontology avec un "O") et ontologie (ontology, "o" minuscule). L'Ontologie (Ontology) est la discipline philosophique se consacrant à l'étude de la nature de l'existence ainsi que la structure

⁴² Viezzer, M. Ontology in philosophy. Récupéré à l'écriture de ce s lignes de <http://www.cs.bham.ac.uk/~mxv/report2/node4.html>

⁴³ (Ibid.)

de la réalité (Elin, 2003) ou autrement dit, la « theory of being » ou « the study of what might exist » (Smith, 2003).

Ci-après quelques définitions :

1. L'Ontologie est la discipline d'étude de l'être. « Ontology is the discipline of being. It is the theory of what there is, why and how. » (Perzanowski, 1996).
2. L'Ontologie est l'étude de ce qui existe. « Ontology is the study of what there is, an inventory of what exists »⁴⁴.
3. Selon (Smith, 2003), l'Ontologie a pour objectif de fournir une classification définitive et exhaustive des entités de toutes les sphères de l'existence, comme le montre la citation suivante : « Ontology seeks to provide a definitive and exhaustive classification of entities in all spheres of being ».
4. L'Ontologie ou la philosophie première est la science de l'être en général ou ce qui peut être considéré comme tel.

Ontologia seu Philosophia Prima est scientia entis in genere, seu quatenus ens est. (Ontology or First Philosophy is the science of Being in general or as Being)". Christian Wolff – Philosophia Prima sive Ontologia (1729). (Corazzon, [s. d.]).

Même la définition qu'on retrouve dans le guide de référence de terminologie en intelligence artificielle (Beardon, 1989, p. 180), fait référence au point de vue philosophique pour caractériser l'Ontologie. En effet, l'Ontologie est l'étude de tous les types fondamentaux existants. Par exemple, l'existence des universaux, des chiffres ou des esprits immatériels est controversé. Les considérations ontologiques font partie de la métaphysique. Voir ci-après :

⁴⁴ <http://www.artsci.wustl.edu/~philos/MindDict/ontology.html>

5. Ontology is the study of what fundamental kinds exist. For example, it is controversial whether universals, numbers and immaterial minds exist. Ontological issues are considered to be part of metaphysics (Beardon, 1989, p. 180).

Ceci dit, le fondement ontologique n'est plus le monopole de la philosophie, d'autres disciplines se le sont aussi appropriées dont, le domaine informatique où grâce aux progrès technique et technologique, l'information a connu une évolution des plus extraordinaires (en qualité et volume) entraînant aussi une évolution dans les besoins en connaissances dont la modélisation a aussi connu une évolution dans les outils ainsi que dans les formalismes de représentation. Dans ce sens, on parle d'"ontologie" (*ontology*) qui fera l'objet du paragraphe consacré à l'intelligence artificielle.

3.2.3 Ontologie et philosophie ontologique

Parmi différentes thèses, l'Ontologie constitue une forme d'explication pour la philosophie ontologique, contrairement à la philosophie épistémologique pour laquelle l'Ontologie n'est qu'une théorie à propos de ce qui existe⁴⁵. Cette forme explicative suppose qu'à tout effet (phénomène ou chose) il y a une (des) cause(s) sous forme de substances de base (caractérisées par leurs aspects essentiel et existentiel) ainsi que les relations les régissant.

L'essence de la substance étant constituée des propriétés la distinguant de manière permanente des autres substances, son aspect existentiel signifie qu'elle doit proprement exister et non comme conséquence de l'existence d'autres substances («... each substance exists on its own ...»⁴⁶) et ce pour toujours⁴⁷.

⁴⁵ Ontological Philosophy. <http://www.twow.net/MclOdaW.htm>

⁴⁶ (Ibid.)

L'existence seule des substances ne permet pas d'expliquer ontologiquement les effets produits. Les relations entre substances sont aussi nécessaires pour compléter l'explication ontologique des effets dans la mesure où différentes combinaisons des substances produisent différents effets « ...What makes ontological explanation explanatory is that substances can work together in different ways to produce different effects »⁴⁸.

Les effets correspondent aux objets (choses, "*things*") que les causes (substances) et leurs relations ont *ontologiquement* expliqués. La puissance explicative de l'ontologie réside dans le fait d'expliquer non seulement comment les objets sont composés mais aussi comment ils évoluent dans le temps

The explanatory power of ontology comes from showing how the substances cited as ontological causes work together so that jointly they constitute what is being explained⁴⁹.

3.2.4 Courants philosophiques

Comme dans tout domaine, la philosophie ontologique a connu plusieurs courants de pensée qui peuvent être groupés en deux grandes catégories que l'on peut qualifier selon le type d'approche adoptée.

Ainsi, Smith (2003) parle de deux types de divisions, les substantialistes (substantialists) pour qui l'Ontologie est une discipline basée sur l'étude de

⁴⁷ Ce point de vue n'a pas été partagé par tous les courants philosophiques même dans le cas des substantialistes, dont Aristote.

⁴⁸ Ontological Philosophy. <http://www.twow.net/MclOdaW.htm>

⁴⁹ (Ibid.)

substances (choses) et les évolutionnistes (fluxists) qui conçoivent l'Ontologie comme une discipline basée sur l'étude de l'évolution des événements ou processus.

La deuxième division serait entre *adequatists* parmi lesquels on retrouve Aristote, Ingarden (1964) et Chisholm (1996), qui sont en même temps substantialistes (substantialists) et évolutionnistes (fluxists) et conçoivent l'Ontologie comme l'étude de la totalité des objets, leurs propriétés, les processus et les relations constituant le monde à tous les niveaux, contrairement aux réductionnistes pour qui l'étude de la réalité du monde se réduirait à l'étude de ce qui existe à un seul niveau (Smith, 2003).

3.2.5 Ontologie formelle vs ontologie matérielle

Plusieurs typologies d'ontologies sont présentes selon telle théorie ou tel courant. Des distinctions sont faites au sein même d'une typologie. La distinction retenue ici est celle d'ontologie formelle et ontologie matérielle.

Le concept d'ontologie formelle revient à Husserl qui l'a définie comme la théorie formelle des objets (Albertazzi, 1996) même si selon Husserl, le terme *formel* correspondait plus à catégoriel "*categorial*". Ce point de vue constitue l'origine de l'une des deux approches s'intéressant à l'étude de l'Ontologie formelle.

En effet, selon le courant basé sur le point de vue husserlien, l'Ontologie formelle s'intéresse à la catégorisation des objets, d'états d'affaires, des parties, du tout, etc. L'autre courant, considérerait l'Ontologie formelle comme faisant partie de l'Ontologie elle-même et l'approchait par le moyen de la logique formelle.

Ceci dit, Cocchiarella (1996) définit une ontologie formelle comme étant d'une part, une théorie de forme logique (*theory of logical form*) dans la mesure où non seulement les différentes catégories ontologiques sont représentées par différentes

catégories logico-grammaticales, mais aussi impliquant les lois ontologiques qui déterminent les formules valides de la dite grammaire; d'autre part, une théorie métaphysique à propos de la structure ontologique du monde. Ainsi, « A formal ontology is both a theory of logical form and a metaphysical theory about ontological structure of the world ... » (Cocchiarella, 1996, p.27).

Ceci rejoint un peu le point de vue d'Husserl pour qui la logique formelle et l'ontologie formelle forment une seule et même discipline dans la mesure où « every logical-formal law can be transformed into an ontological-formal law »⁵⁰.

Se référant à Husserl (Husserl, 1970; Poli, 1995; Magnan et Reyes, 1994, Zúñiga (2001) décrit de manière plus claire la distinction à faire entre l'ontologie formelle et l'ontologie matérielle. En effet pour (Zúñiga, 2001), l'ontologie formelle « [...] consists in the general investigation and description of the properties of objects in the world and the relations existing between different sorts of objects ».

L'ontologie matérielle quant à elle, est la contrepartie de l'ontologie formelle dans la mesure où elle fournit des catégories concrètes définies en fonction des principes de l'ontologie formelle (Anderson, 2004) « The material ontology provides the concrete categories that are based on the principles from the formal ontology [...] ».

Selon (Peuquet et al., 1998). une ontologie matérielle est une déclaration des conditions nécessaires et suffisantes pour que quelque chose puisse être un type particulier d'une entité faisant partie d'un domaine donné. L'ontologie légale (de loi) par exemple, est une description des critères nécessaires et suffisants de ce qui peut être une loi ou un objet légal :

[...] a statement of the necessary and sufficient conditions for something to be a particular kind of entity within a given domain. The ontology of law, for

⁵⁰ Husserl 1913, § 148.

example, is a description of the necessary and sufficient criteria for something to be law or to be a legal object.

Pour revenir à Zúñiga, l'ontologie matérielle s'intéresse à la description de la structure des objets et des relations entre eux et ce, dans un domaine particulier (Zúñiga, 2001) :

Material ontology, by contrast, is occupied with only a particular domain of objects and it consists in the description of the structure of the domain and the relations of the objects therein.

En conclusion, dans cette section, nous avons défini le concept d'ontologie, et fait le tour de son origine philosophique. Nous avons aussi présenté quelques courants de pensée ainsi que les types d'ontologie, toujours du point de vue philosophique. La typologie la plus commune étant celle faisant la distinction entre une ontologie formelle et celle matérielle.

Dans la suite, nous nous intéressons au concept d'ontologie dans sa dimension représentationnelle ou autrement dit, à sa place au sein de l'intelligence artificielle.

3.3 Nouveau territoire de l'ontologie : l'intelligence artificielle

3.3.1 Ontologie, centre d'intérêt de la communauté du Web

Les ontologies qui sont le centre d'intérêt de différentes communautés de recherche en intelligence artificielle depuis les années 80-90⁵¹, continuent encore de susciter

⁵¹ Les premières utilisations du terme ontologie dans le domaine de l'IA revient selon (Smith, 2003) à McCarthy (1980) et son collaborateur Hayes P. (1979).

l'intérêt de très larges communautés comme celle du Web (entre autres), avec comme objectif la réalisation du Web de demain : le Web Sémantique. L'objectif du Web Sémantique est de permettre le partage des données provenant des différents systèmes constituant le Web et qui consistera dans le passage du Web sous forme de collections de documents au Web comme base de connaissances.

Se pose cependant le problème de la représentation des connaissances qui présente de grands défis aux chercheurs en intelligence artificielle.

[...] As a way of representing the semantics of documents and enabling the semantics to be used by web applications and intelligent agents. Ontologies can prove very useful for a community as a way of structuring and defining the meaning of the metadata terms that are currently being collected and standardized. Using **ontologies**, tomorrow's applications can be « **intelligent**, » in the sense that they can more accurately work at the human conceptual level. (Web Ontology Language, 2004)

3.3.2 Représentation des connaissances

La représentation de la connaissance, terme originellement utilisé par le domaine de l'intelligence artificielle pour désigner l'encodage de la connaissance dont un programme intelligent a besoin pour mener à bien sa tâche, doit faire impliquer beaucoup plus d'outils (que le simple encodage) tels « [...] a suitable collection of concepts, a notation, and a system of inference rules or processes that use the notation » (Encyclopedia of computer science, 2000). La collection adéquate de concepts, constituant l'aspect le plus important de la représentation des connaissances est souvent appelée "*ontologie*" (autre utilisation du terme ontologie, 'o'), rapprochant de ce fait la représentation de la connaissance plus de la philosophie (Encyclopedia of computer science, 2000). Le rôle ontologique des concepts étant de procéder au groupement des choses qui existent (Gerbé et al., 2003).

Or, pour permettre à l'ontologie de réaliser ses objectifs, sa formalisation doit être basée sur la logique,

Ontologies are usually expressed in a logic-based language, so that detailed, accurate, consistent, sound, and meaningful distinctions can be made among the classes, properties, and relations (Web Ontology Language, 2004).

3.3.2.1 La logique

La logique est la base de l'ontologie « [...] the idea of making logic the basis of ontology is not new [...] » (Jacquette, 2002). La logique, syntaxiquement parlant, est un ensemble de termes, de symboles et de règles formelles permettant la manipulation de chaînes de symboles.

La logique donne la réponse aux problèmes de l'ontologie philosophique pure parce que cette dernière est purement formelle et ceci en formalisant toutes les possibilités logiques (vraies ou fausses) pour un objet ou un ensemble d'objets ayant une propriété (Jacquette, 2002).

3.3.2.2 La nouvelle norme du W3C : OWL

OWL (Web Ontology Language) est le langage destiné à la définition des ontologies ayant pour objectif le traitement du contenu de l'information sur le Web et non seulement sa présentation :

The OWL Web Ontology Language is designed for use by applications that need to process the content of information instead of just presenting information to humans. OWL facilitates greater machine interpretability of Web content [...] (Web Ontology Language, 2004).

OWL est basé sur les logiques de description.

3.3.2.3 Logiques de description

Les logiques de description, également appelées logiques terminologiques, sont un formalisme de représentation des connaissances présentant un monde peuplé d'individus pouvant être groupés en *classes* (ou *concepts*), reliées entre elles au moyen de relations binaires appelées *rôles* (Borgida et al., 2003). Le formalisme des logiques de description est basé sur ce qu'on appelle ABOX et TBOX. ABOX ou boîte d'assertions permet d'avoir les données à propos des individus (instances) à un moment donné. ABOX peut être vue comme l'instance d'une base de données (ou extension) à un moment donné. TBOX par contre, définit les concepts (ou classes) ainsi que les relations entre eux, elle peut être assimilée à l'intension (ou schéma) d'une base de données.

3.3.2.4 Pourquoi OWL?

Est la première question à laquelle on devrait essayer de répondre. OWL est un langage d'ontologies qui a été défini dans le but d'être compatible avec l'architecture du Web en vue de sa sémantisation. OWL, par ses objectifs s'avère le langage permettant de développer des ontologies distribuées, compatibles avec les standards du Web, ce qui permettra leur internationalisation, leur ouverture et extensibilité ainsi que leur mise à l'échelle du Web⁵².

⁵² Questions fréquemment posées sur le langage des ontologies Web (OWL). Récupéré de <http://www.w3.org/2003/08/owlfaq.html.fr>

OWL, projet soutenu par des compagnies illustres du monde informatique telles HP, Sun, IBM et Unisys (entre autres) au niveau du W3C, est le résultat de la fusion du DAML-ONT, projet mené par des chercheurs américains et OIL, dirigé par l'Union Européenne. Il

[...] s'adosse à la notion d'ontologie. Entendez par là une méthode de modélisation visant à définir le vocabulaire et les relations internes à un champ de connaissance particulier, l'industrie ou encore la finance par exemple. Dans le domaine de la santé, il s'agira par exemple de classer le VIH parmi les virus au sein de la sous-catégorie des maladies hématogènes - c'est-à-dire transportées dans le sang (Crochet-Damais, 2003).

3.3.2.5 Exemple d'ontologie définie à l'aide d'OWL

OWL est un langage faisant partie de l'activité du Web sémantique et de ce fait présuppose un monde ouvert et permettant l'utilisation de ressources et d'informations de sources variées et distribuées.

Une ontologie développée avec OWL a donc la structure suivante:

a. Les espaces de nommage

La section des espaces de nommage permet de spécifier les vocabulaires utilisés. Cette spécification se fait par le biais d'une balise ouvrante **rdf:RDF** contenant l'ensemble des déclarations d'espace de nommage XML. L'exemple ci-dessous

(Figure 3.1), tiré du document de spécifications du langage OWL en donne un aperçu⁵³.

```
<rdf:RDF
  xmlns="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-
20040210/wine#"
  xmlns:vin="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-
20040210/wine#"
  xml:base="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-
20040210/wine#"
  xmlns:food="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-
20040210/food#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">
```

Figure 3.1 Espaces de nommage

b. Les entêtes de l'ontologie

Cette section permet de gérer des *"tâches d'aménagement critiques tels que les commentaires, le contrôle de version et l'inclusion d'autres ontologies"*⁵⁴. Ceci se fait par le biais de la balise **OWL : Ontology**.

⁵³ <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/#StructureOfOntologies>

⁵⁴ <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/#StructureOfOntologies>

c. Les définitions effectives constituant l'ontologie

Ces définitions suivent la balise fermante `</owl:Ontology>`. Ces quelques instructions en donnent une idée.

```

<owl:Ontology rdf:about="" />
<owl:Class rdf:ID="Habitat" />
  <owl:Class rdf:ID="Chambre_a_coucher">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Zone_Habitable" />
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Bien_Meuble">
-----

```

Figure 3.2 Entête d'ontologie

d. L'exemple de Pizza

En conclusion de cette partie et avant de reprendre les définitions de l'ontologie, la figure suivante donne un aperçu d'une partie de l'ontologie Pizza développée à l'aide d'OWL sous l'environnement de Protege2000⁵⁵.

⁵⁵ Protégé2000. Récupéré de <http://protege.stanford.edu/>

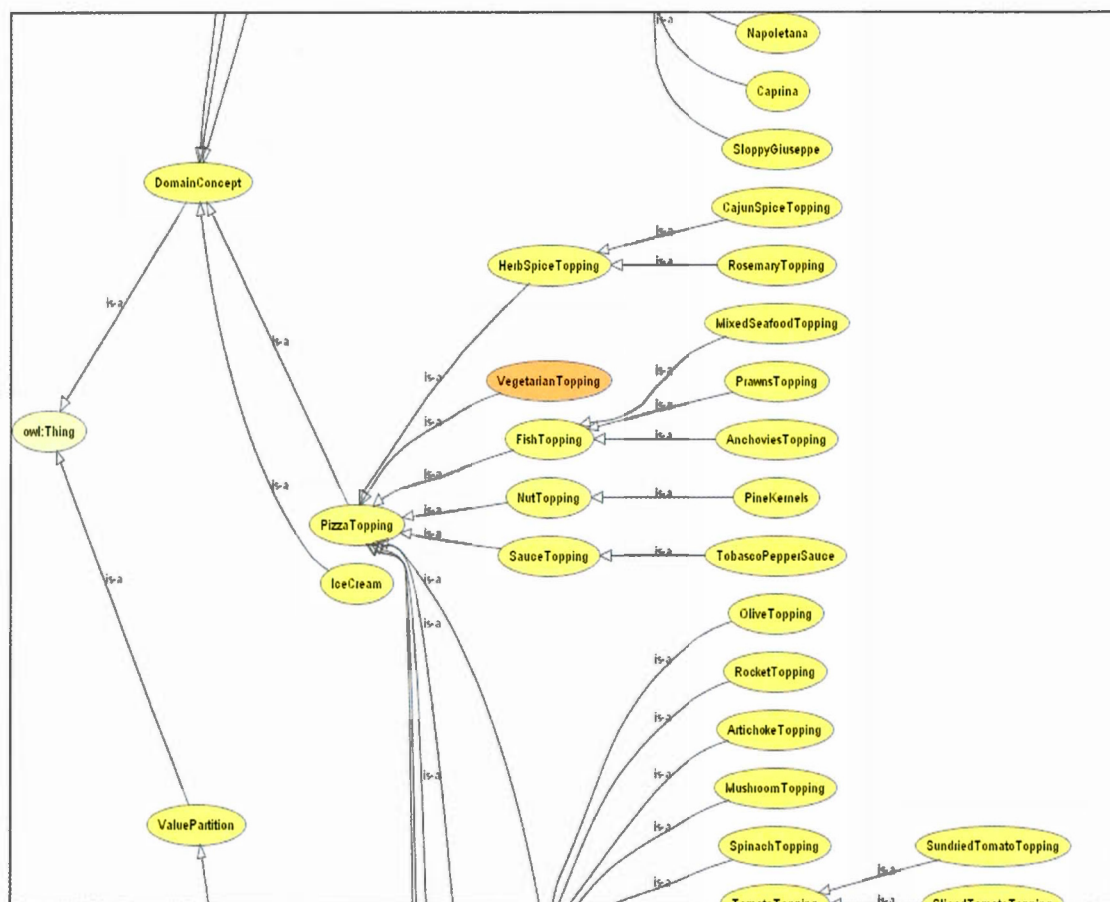


Figure 3.3 Partie de l'ontologie Pizza

3.3.3 Ontologie : définitions

Le concept d'ontologie suscite beaucoup de controverses et de ce fait la définition d'une ontologie diffère selon les sources même dans le cas des références consacrées à l'intelligence artificielle. Ainsi, selon telle ou telle référence, une ontologie (ou l'ontologie) est définie directement ('est ...') ou indirectement ('en fonction de ce à quoi elle sert'). Quelques définitions ont été choisies, pour illustrer ceci⁵⁶.

Définition 1 :

La première définition présente une ontologie comme une théorie ou un modèle particulier de la nature d'un ensemble d'objets et des relations servant de liens entre eux. Tout modèle de connaissances dispose d'une ontologie explicite ou implicite.

[...] An ontology is a particular theory or model about the nature of a domain of objects and the relationships among them. Any knowledge model has an explicit or implicit ontology [...] (Rayner, 1999).

Définition 2 :

Une définition toute simple dans la mesure où elle présente l'ontologie comme une spécification précise d'un domaine «... *a precise specification of the domain...*» (Shapiro et Eckroth, 1987).

Définition 3 :

Une ontologie est une conceptualisation d'un domaine à laquelle sont associés un ou plusieurs vocabulaires de termes. Les concepts se structurent en un système et participent à la signification des termes. (Rocche, 2004).

⁵⁶ Nous donnons aussi les définitions sous forme de citations dans leur langue d'origine (anglais) pour éviter toute disparité.

Définition 4 : la définition que donne Sowa (2004) de l'ontologie en fait un problème de catégorisation. Selon cette définition, l'objet de l'ontologie est l'étude des **catégories** de ce qui existe ou peut exister dans un domaine. Le résultat d'une telle étude, appelé **une ontologie**, est un catalogue de ce qui est supposé exister dans un domaine **D**, du point de vue d'une personne utilisant un langage **L**, dans le but de parler de ce domaine **D**. Ci-après la définition en entier :

The subject of ontology is the study of the **categories** of things that exist or may exist in some domain. The product of such a study, called **an ontology**, is a catalog of the types of things that are assumed to exist in a domain of interest **D** from the perspective of a person who uses a language **L** for the purpose of talking about **D**. The types in the ontology represent the predicates, word senses, or concept and relation types of the language **L** when used to discuss topics in the domain **D**. An uninterpreted logic, such as predicate calculus, conceptual graphs, or KIF, is ontologically neutral. It imposes no constraints on the subject matter or the way the subject may be characterized. By itself, logic says nothing about anything, but the combination of logic with an ontology provides a language that can express relationships about the entities in the domain of interest. Finalement, une définition décrite par son auteur

(Bachimont, 2000) comme précise et rigoureuse spécifie que :

Définir une ontologie pour la représentation des connaissances, c'est définir, pour un domaine et un problème donnés, la signature fonctionnelle et relationnelle d'un langage formel de représentation et la sémantique associée.

3.3.4 Objectifs et utilité de l'ontologie

L'extrait de Gottfried Wilhelm Leibniz, tiré de « New Essays on Human Understanding » (Sowa, 2004), illustre parfaitement les bienfaits qu'on peut tirer d'une ontologie même si le terme n'y est pas présent.

Selon cet extrait, l'art de classer (classifier) les choses en genres et espèces est d'une grande importance et nous aide énormément dans notre jugement et notre mémoire.

Ci-dessous l'extrait complet : The art of ranking things in genera and species is of **no small importance and very much assists our judgment as well as our memory**. You know how much it matters in botany, not to mention animals and other substances, or again moral and notional entities as some call them. Order largely depends on it, and many good authors write in such a way that their whole account could be divided and subdivided according to a procedure related to genera and species. This helps one **not merely to retain things, but also to find them**. And **those who have laid out all sorts of notions under certain headings or categories have done something very useful**. »

En effet, selon Gruber (1993), le plus important dans le domaine ontologique est ce à quoi sert une ontologie (« [...] what is important is what an ontology is for ») à savoir *le partage et la réutilisation de la connaissance* comme le précise aussi Roche (2004) dans ce qui suit :

Une ontologie est définie pour un objectif donné et exprime un point de vue partagé par une communauté. Une ontologie s'exprime dans un langage (représentation) qui repose sur une théorie (sémantique) garante des propriétés de l'ontologie en termes de consensus, cohérence, réutilisation et partage.

Le langage naturel, support de communication par excellence des êtres humains (Maedche, 2002), n'est pas d'une grande utilité pour l'informatique, toujours à la recherche d'un modèle assurant en même temps les aspects formel et sémantique et permettant le partage et la réutilisation de la connaissance.

Il se trouve que les ontologies peuvent jouer ce rôle :

[...] Les ontologies sont utilisées par les personnes, les bases de données, et les applications qui ont besoin de partager des informations relatives à un domaine bien spécifique [...] Elles encodent la connaissance d'un domaine particulier

ainsi que les connaissances qui recouvrent d'autres domaines, ce qui permet de rendre les connaissances réutilisables [...]⁵⁷.

Deux éléments sont très importants quand on parle d'ontologie, ses caractéristiques ainsi que l'engagement qui en découle. Ce dernier correspond à l'accord fait au niveau des connaissances (indépendamment de toute représentation interne), pour utiliser un vocabulaire de façon cohérente et consistante. Quant aux caractéristiques de l'ontologie, elles sont au nombre de trois. L'*exhaustivité* (« Ontology seeks to provide a definitive and exhaustive classification of entities in all spheres of being » (Smith, 2003) dans la mesure où elle doit assurer une large couverture du domaine. La *spécification* qui correspond à la couverture en profondeur des concepts. Enfin la *granularité*, correspond à la définition détaillée et formelle des différentes notions. « Ontology is distinguished by its extreme generality and by richness and fertility of its basic notion » (Perzanowski, 1996).

3.3.5 Une ontologie vs taxonomie et terminologie

3.3.5.1 Une ontologie n'est pas une taxonomie

Une ontologie est **en partie** une taxonomie (Mizoguchi, 2004) dans la mesure où la taxonomie représente la hiérarchie de concepts composant l'ontologie. Cependant, une taxonomie ne peut être qualifiée d'ontologie (Mizoguchi, 2004). Or, la distinction entre les deux peut être à la base de controverse dans certains cas, dans la mesure où d'aucuns affirment que la seule différence entre les deux réside dans le contexte de

⁵⁷ Questions fréquemment posées sur le langage des ontologies Web (OWL). Récupéré de <http://www.w3.org/2003/08/owlfaq.html.fr>

son utilisation. Ainsi, on parlerait plus d'ontologie au niveau académique alors qu'on utiliserait le terme taxonomie sur le plan commercial. Du point de vue technique, une ontologie serait une représentation plus riche qu'une simple taxonomie. Elle pourrait même consister en plusieurs taxonomies, telle la métaphore d'une forêt qui se compose d'une multitude d'arbres. De plus, l'objectif recherché d'une ontologie est de conférer à la machine le pouvoir d'inférence en fonction des types de relations qui y sont définies⁵⁸. C'est d'ailleurs un autre élément qui distingue une ontologie d'une taxonomie⁵⁹. Alors qu'on retrouve uniquement des propriétés hiérarchiques dans une taxonomie, on parle d'inclusion au niveau d'une ontologie. De plus, elle dispose d'opérations ensemblistes telles l'union, l'exclusion et l'intersection. Enfin, diverses propriétés s'appliquent et parmi lesquelles, la transitivité et les propriétés inverses.

3.3.5.2 Une ontologie n'est pas une terminologie non plus⁶⁰

Comme c'est le cas pour l'ontologie, le concept de terminologie peut se définir aussi de deux manières. Ainsi, *la terminologie* est la science (ou discipline) qui consiste pour un domaine de connaissances à

cerner la signification exacte des termes techniques et scientifiques employés. Les terminologues définissent pour chaque notion étudiée la meilleure

⁵⁸ <http://www.ideaeng.com/taxonomies-ontologies-0602> (page Web consultée le 24-12-2014).

⁵⁹ <http://blog.sparna.fr/ontologie-thesaurus-taxonomie-web-de-donnees/> (page Web consultée le 24-12-2014)

⁶⁰ Quoique qu'en intelligence artificielle, on confond souvent le terme Ontologie avec Terminologie (Guarino, 1997).

désignation possible (normalisation et/ou néologie), précisent les distinctions entre les termes et expriment ceux-ci sous forme de définitions[...] ⁶¹.

Quant à **une terminologie**, elle correspond au

[...] résultat de l'activité terminologique qui se concrétise en normes, en dictionnaires, en glossaires, en lexiques, en bases de données et en divers autres outils linguistiques ⁶².

Maintenant qu'on a situé l'ontologie par rapport aux autres concepts, on peut s'intéresser à l'aspect le plus important, à savoir : de quoi est constituée une ontologie, ou techniquement parlant, qu'est-ce qui fait qu'une ontologie soit considérée comme telle?

Avant de répondre à cette question, il serait utile de reprendre dans ce qui suit, le terme *conceptualisation* utilisé à la définition 3.

3.3.6 Conceptualisation

Le dictionnaire Larousse illustré (2004) définit la conceptualisation comme l'action de *conceptualiser* ou son résultat où le terme conceptualiser correspond à « [...] Former des concepts à partir de quelque chose, pour se le représenter, l'organiser mentalement [...] ».

Par contre, le dictionnaire informatique en ligne ⁶³ en donne une définition détaillée tout en prenant soin de la distinguer de l'ontologie. Ainsi, une conceptualisation

⁶¹ Au moment de l'écriture ces lignes, cette citation était disponible sur ce lien : http://www.inra.fr/Internet/Unites/UCD_Jouy/linguist/term.htm

⁶² (Ibid).

⁶³ <http://foldoc.org/>

correspondrait à une abstraction de la réalité à représenter. Elle peut être vue sous forme d'une collection d'objets, de concepts ou d'entités supposés *exister* (on reconnaît ici l'aspect philosophique de l'ontologie) dans un domaine d'intérêt ainsi que les relations entre ces différentes composantes. Ci-après la définition en anglais :

[...] The collection of objects, concepts and other entities that are assumed to exist in some area of interest and the relationships those hold among them. A conceptualisation is an abstract, simplified view of the world that we wish to represent. For example, we may conceptualise a family as the set of names, sexes and the relationships of the family members[...]⁶⁴.

Nicola Guarino (1997) en donne une définition plus précise, qu'il caractérise d'intuitive. Ainsi, une conceptualisation serait un ensemble de règles informelles contraignant la structure d'une partie de la réalité permettant à un agent d'isoler et d'organiser un ensemble d'objets et de relations pertinents :

[...] a conceptualization as a set of informal rules that constrain the structure of a piece of reality, which an agent uses in order to isolate and organize relevant objects and relevant relations [...].(Guarino, 1997)

La conceptualisation constitue la première étape de la représentation de la connaissance puisqu'elle correspond à l'abstraction formelle du monde à représenter.

[...] Choosing a conceptualisation is the first stage of knowledge representation... A body of formally represented knowledge is based on a conceptualisation - an abstract view of the world that we wish to represent [...] ⁶⁵.

Quant à l'ontologie, elle correspond à l'explicitation de la conceptualisation choisie. En d'autres termes, l'ontologie est la structure de données qui permettra de concrétiser la spécification abstraite qu'est la conceptualisation :

⁶⁴ (Ibid).

⁶⁵ (Ibid).

[...] In order to manipulate this knowledge we must specify how the abstract conceptualisation is represented as a concrete data structure... An ontology is an explicit specification of a conceptualisation⁶⁶.

3.3.7 Structure de l'ontologie

Trois éléments constituent la base d'une ontologie :

3.3.7.1 Les concepts

La définition des concepts est l'aspect le plus important dans une ontologie.

À l'école des sciences cognitives organisée par le département linguistique de l'UQAM à l'été 2003, il y a eu beaucoup de débats au sujet du concept *CONCEPT*, du rôle qui lui est assigné. Sert-il à *penser* (représenter...) ou à *faire* (catégoriser et agir...) ou les deux en même temps ? Est-il un détecteur ou un perceuteur (Prinz, 2003)? Le débat a intéressé toutes les disciplines touchant les sciences cognitives dont l'informatique, la philosophie, la psychologie et la linguistique (Goldstone, 2003).

Ainsi, la définition du *concept* varie selon les disciplines, les approches et les auteurs. Tantôt, un concept est considéré comme un label de catégorie (Eliasmith, 2003) et a comme propriétés la « *subsumption* », la généralité, la communicabilité, la sémioticité, l'inférentialité, la « *changeability* » (un concept peut changer dans le temps), la « *truthfulness* » (dans la mesure où il peut faire partie d'un jugement

⁶⁶ (Ibid).

véridique) et faisant partie d'une hiérarchie (il peut être inclus dans un autre) (Meunier, 2003). Un concept correspond aussi à une représentation mentale d'une catégorie (Prinz, 2003) qui serait l'étiquette faisant référence aux *choses* (ou *mots*) dans le monde (Thagard, 2003). En effet, en philosophie traditionnelle, pas de concept sans représentation mentale (Meunier, 2002).

L'application de concepts permet de connaître les propriétés des « choses » (Panaccio, 2003) puisqu'il représente une ou un ensemble de propriétés correspondant à une entité dans une catégorie.

Revenons maintenant aux ontologies. La définition des concepts, nous le verrons à la section de la construction d'une ontologie, se fait après l'énumération des termes candidats. Néanmoins une chose est sûre, un concept est généralement défini en fonction d'autres concepts. Par exemple, le concept de personne physique qui est une personne, correspond à un être humain et peut être un homme ou une femme. Cela est illustré dans la Figure 3.4.

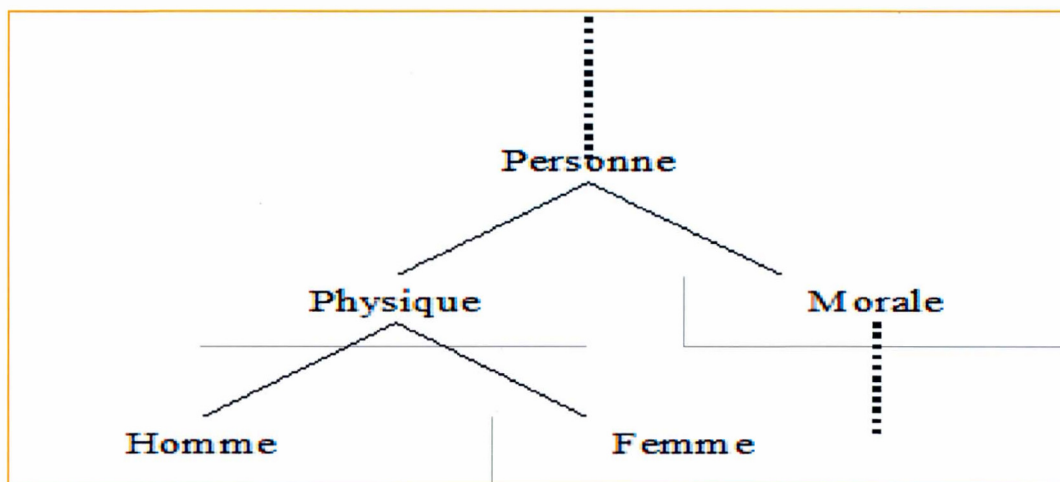


Figure 3.4 Concept Personne

Un concept est caractérisé par une étiquette (ou terme), une notion ou des propriétés définissant sa sémantique ainsi que d'un ensemble d'objets ayant les propriétés du concept.

3.3.7.2 Propriétés et relations entre les concepts

Les propriétés permettent de décrire la « *structure interne des concepts* » (Noy et al., 2001). Elle peuvent être intrinsèques ou extrinsèques aux concepts. Alors que les relations dans une ontologie permettent de décrire le type de lien que peut avoir un concept envers un autre. Ainsi, le premier type de relation est celui qu'on retrouve dans une taxonomie, représentant un lien hiérarchique et pouvant prendre entre autres les valeurs suivantes :

- **Est-un** (is-a), par exemple, un patient **est-une** personne;
- **Sorte-de**, comme le détecteur de mouvement est une **sorte-de** capteur;
- **Partie-de** (Part-of), exemple, la zone technique est une **partie-de** l'Habitat intelligent.

3.3.8 Types d'ontologies

À ce niveau aussi, on retrouve plusieurs typologies d'ontologie. Ainsi on distingue une ontologie informelle d'une ontologie formelle, une ontologie formelle d'une ontologie terminologique, même si selon (Sowa, 2004), la distinction entre ontologie formelle et ontologie terminologique, est plus une question de taille de l'ontologie qu'une question de nature.

The distinction between terminological and formal ontologies is one of degree rather than kind. Formal ontologies tend to be smaller than terminological ontologies, but their axioms and definitions can support more complex inferences and computations.

3.3.8.1 Ontologie formelle

Toutes les références s'entendent pour dire qu'une ontologie formelle est un ensemble de termes ou catégories se distinguant par un ensemble d'axiomes et de définitions.

A formal ontology includes a set of terms and their definitions and axioms (a priori rules) to relate terms. The terms are typically organized into some form of a taxonomy. Axioms represent the relationships between the terms and can specify constraints on values and uses of terms. (Rayner, 1999)

Sowa définit l'ontologie formelle de la même manière :

[...] ontology whose categories are distinguished by axioms and definitions stated in logic or in some computer-oriented language that could be automatically translated to logic. There is no restriction on the complexity of the logic that may be used to state the axioms and definitions ... A formal ontology is specified by a collection of names for concept and relation types organized in a partial ordering by the type-subtype relation. (Sowa, 2004)

Sowa va plus loin en faisant une division au sein même de l'ontologie formelle selon la manière de définir la relation (super-, sous-types) : « Formal ontologies are further distinguished by the way the subtypes are distinguished from their supertypes »

Ainsi :

[...] an axiomatized ontology distinguishes subtypes by axioms and definitions stated in a formal language, such as logic or some computer-oriented notation

that can be translated to logic; a prototype-based ontology distinguishes subtypes by a comparison with a typical member or prototype for each subtype.

3.3.8.2 Ontologie informelle

Par opposition à l'ontologie formelle, une ontologie informelle, comme le spécifie Sowa (2004), est constituée d'un catalogue de types qui sont soit non définis, soit définis par des assertions en langage naturel : « An informal ontology may be specified by a catalog of types that are either undefined or defined only by statements in a natural language. »

Une autre typologie d'ontologies peut être conçue selon le critère du degré de généralité (Maedche, 2002). Dans ce cas, on parle plutôt de niveau d'ontologie. Ainsi, on distingue généralement les quatre niveaux suivants : ontologie de haut niveau, ontologie de domaine, ontologie de tâche et ontologie d'application.

3.3.9 Différents niveaux d'ontologie

Au premier niveau on retrouve l'ontologie de haut niveau ou ontologie générique, connue aussi sous le nom de « *foundational ontology* » (Maedche, 2002) Elle permet de décrire les concepts les plus généraux indépendamment du domaine d'étude. Ci-après un exemple d'ontologie générique tiré de la page Web de J.F. Sowa (2004) qu'il présente sous forme de treillis.

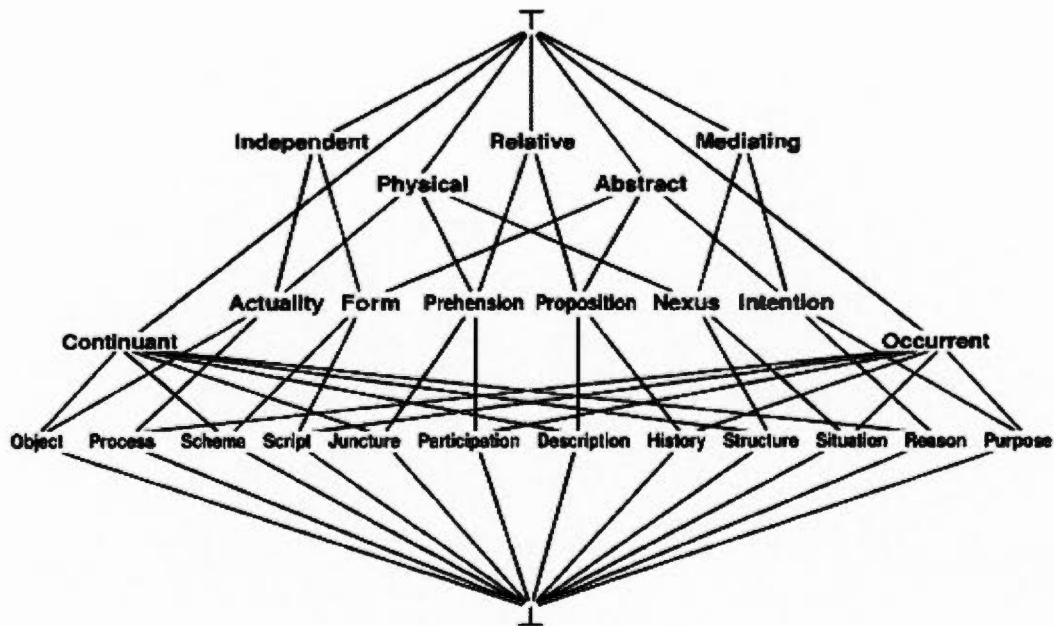


Figure 3.5 Hierarchy of top-level categories

Vient après l'ontologie de domaine (Domain ontology). Comme son nom l'indique, elle consiste à définir le vocabulaire d'un domaine et ce en spécialisant les concepts définis au niveau de l'ontologie générique. L'ontologie de la tâche correspond au vocabulaire d'une tâche (ou activité) générique, défini par le même processus que l'ontologie de domaine. Finalement, l'ontologie d'application (Application ontology) est, comme son nom l'indique, une ontologie développée pour un usage spécifique (Malone, 2010). Elle permet en effet de définir les rôles des différentes entités lors de la réalisation d'une activité.

Nous avons résumé dans ce qui précède le concept d'ontologie du point de vue représentationnel. Nous avons donné les définitions qui nous semblent les plus pertinentes. Nous avons aussi présenté une autre typologie des ontologies ainsi que ses différents niveaux. La section suivante est consacrée à la construction d'une

ontologie, à savoir ses étapes, ses composantes. Cet aspect peut-être vu comme une concrétisation de ce qu'on a vu ci-dessus.

3.4 Construction de l'ontologie

La construction d'une ontologie se fait en plusieurs étapes. Comme toute construction, pour qu'elle soit réussie, il faut qu'elle ait de bonnes fondations. Dans le cas d'une ontologie, les bonnes fondations dépendent du degré de réponse aux questions dites de *compétence*. Le plus gros défi selon (Nirenburg et al., 2001), qu'un expert en construction d'ontologie aura à surmonter (pour être conforme aux exigences imposées par les caractéristiques de l'ontologie), est la définition des concepts ou autrement dit, il s'agit de répondre à la question : quels concepts définir et comment les définir ?

3.4.1 Étapes

Le nombre d'étapes dans la construction d'une ontologie varie aussi selon les auteurs et les types d'approches adoptées. Dans ce qui suit, on reprend le point de vue de Bruno Bachimont (Bachimont et al., 2002) qui résume la construction d'une ontologie en 3 importantes étapes. La normalisation sémantique qui a pour objectif d'atteindre un accord sémantique « about the meaning of the labels used for naming the concepts » (Bachimont, 2000, p116) permettant de construire une première taxonomie, basée sur les notions de similarité et de différence d'un nœud d'avec ses parents, frères et enfants. La seconde étape est celle de la formalisation de la taxonomie obtenue à la première étape. Cette formalisation donne naissance à une

ontologie référentielle où à chaque concept, correspond une extension (un ensemble d'objets). La troisième et dernière étape est l'opérationnalisation de l'ontologie résultat de la phase précédente et a comme résultat l'ontologie computationnelle. Cependant, on peut dire que les étapes sont en général les mêmes et qu'une approche résume (ou détaille) une autre. Dans ce qui suit donc, on reprend ces étapes avec plus de détails. Nous parlerons en effet de six étapes et non seulement de trois comme mentionné ci-dessus. La raison en est qu'à notre sens, avant de pouvoir procéder à la normalisation sémantique d'une ontologie, il est nécessaire de commencer par le commencement. L'étape de début étant la définition de ses objectifs, une phase très importante car l'efficacité du produit final en dépend, suite à laquelle, se trouve celle de l'étude de l'existant et de la collecte des données, pour ne citer que celles-ci.

3.4.4.1 Définition des objectifs et de la portée de l'ontologie

En effet, tous les spécialistes (Fernandez et al., 1997; Noy et al., 2001) préconisent la définition avec précision des objectifs et de la portée de l'ontologie. Cela consiste à définir les spécifications de l'ontologie, qui seraient la réponse aux questions de compétence (Goldstone, 2003). Les questions de compétence constituent en quelque sorte la délimitation des objectifs du produit final et serviront de base pour l'étape de l'évaluation et la validation de l'ontologie.

3.4.4.2 Étude de l'existant et collecte des données

La deuxième étape consiste en deux sous étapes. Celle de l'exploration des ontologies existantes et celle de la collecte des données.

La réutilisation étant l'un des plus grands objectifs et avantages des ontologies, il est très conseillé de partir de ce que d'autres spécialistes ont déjà mis au monde dans le domaine et de l'améliorer ou l'étendre le cas échéant. Suite à cela, chaque domaine étant spécifique, il serait nécessaire de faire un tour complet de la question et ce en s'adressant à tous ceux qui sont impliqués dans le processus tout en exploitant la documentation existante. Il est à noter qu'il faut prendre en considération toutes les personnes qui seront potentiellement amenées à utiliser le système.

3.4.4.3 Énumération des termes de l'ontologie

Il s'agit de faire une liste "exhaustive" de tous les termes rencontrés lors de la collecte des données (ou l'exploration des ontologies existantes), susceptibles d'intéresser le domaine (termes candidats). Cette étape implique une étude linguistique et sémantique (Brisson, 2004).

3.4.4.4 Définition des concepts (classes) et leur hiérarchie (taxonomie)

La définition des concepts peut se faire de plusieurs manières. Ainsi, selon (Uschold et al., 1996), il s'agit d'abord de procéder à la catégorisation⁶⁷ des différents termes, avant l'identification des références sémantiques des différentes catégories. (Fernandez et al., 1997) pour leur part proposent de définir les concepts et les verbes (actions possibles dans le domaine).

⁶⁷ La catégorisation est le processus permettant la division du monde en catégories (Thagard, 2003).

Pour conceptualiser les termes énumérés, plusieurs approches sont possibles. Uschold et al. (1996) en énumèrent trois. L'approche Top-Down ou du haut vers le bas, celle du Bottom-Up ou du bas vers le haut et l'approche combinée (hybride). La taxonomie, comme on l'a déjà précisé plus haut dans le document, ne constitue pas à elle seule une ontologie. Pour cela, il faudra aussi définir les différentes propriétés des concepts ainsi que les relations les reliant.

3.4.4.5 Formalisation de l'ontologie

Intuitivement parlant, formaliser une ontologie revient à la définir de manière formelle. Brisson (2004) parle de 4 niveaux (degrés) de formalisation allant du degré très informel (langage naturel) jusqu'au purement formel (sémantique formelle, théorèmes et preuves) passant par le semi-informel et le semi-formel. Le type d'ontologie dépendra donc du degré de formalisation choisi ou utilisé.

3.4.4.6 L'opérationnalisation de l'ontologie

Est l'étape de la mise en œuvre de l'ontologie pour permettre la manipulation des connaissances du domaine étudié, via un langage opérationnel.

Le nombre d'étapes citées ci-dessus est donné à titre indicatif. Il peut en effet varier selon les auteurs ou le type d'approche adoptée ou le degré de formalisation comme on l'a déjà précisé. Néanmoins, le développement d'une ontologie est généralement un processus itératif dans la mesure où il faut faire plusieurs retours sur ce qui est déjà défini pour révision ou correction le cas échéant.

3.4.2 Évaluation de l'ontologie

L'évaluation de l'ontologie est l'étape qui permettra de valider ou non l'atteinte des objectifs visés par le développement de cette ontologie. La validation de l'ontologie doit être formelle dans la mesure où on vérifie l'absence de cycles, de redondance ; et sémantique, c'est-à-dire la vérification de la correctitude de la structure hiérarchique de l'ontologie.

Nous concluons cette section par cette citation de Dale Jacquette (2002, p275) :

To be successful, ontology must combine a correct pure philosophical ontology with a correct applied scientific ontology, grafting an appropriate preferred existence domain onto a satisfactor analysis of the concept of being.

En conclusion et comme nous l'avons mentionné dans la section précédente, nous avons survolé les principes de la construction d'une ontologie, à savoir ses étapes et ses composantes. Ces étapes allant de l'étude de l'existant jusqu'à l'évaluation de l'ontologie résultat.

3.5 Conclusion

Dans le présent chapitre, nous avons clarifié le lien entre l'Ontologie ayant pour origine la philosophie et l'ontologie ayant pour champ d'application l'intelligence artificielle.

Ainsi, dans la première section, nous avons discuté de l'origine de la discipline ontologique ainsi que les définitions et les courants philosophiques la concernant. La deuxième, a eu pour objectif de situer l'ontologie au sein du champ de l'intelligence artificielle. Il a été aussi question dans les troisième et quatrième sections de présenter

quelques formalismes de représentation de la connaissance en relation avec l'ontologie, avant de conclure avec les étapes de la construction d'une ontologie à la dernière section.

La prochaine étape, intitulée « Application, évaluation et validation » sera consacrée à l'aspect applicatif de notre recherche comme son titre l'indique.

PARTIE II

APPLICATION, ÉVALUATION ET VALIDATION

La partie II présente les résultats de nos recherches et constitue donc le noyau de la thèse. Elle se divise en deux sections. La première section est intitulée : Architecture ontologique de l'habitat intelligent en télésanté. Elle relate en détail le modèle ontologique que nous avons présenté dans le cadre de cette recherche. La section II quant à elle, présentera l'utilisation de ces ontologies et constituera donc l'étape de l'évaluation et la validation de notre modèle.

PARTIE II - SECTION I

ARCHITECTURE ONTOLOGIQUE DE L'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ

Notre approche dans le choix des différentes ontologies composant cette architecture, puis des concepts les composant, peut se justifier par la finalité même de l'habitat intelligent.

Le contexte de notre recherche stipule que nous avons un patient qui est une personne vieillissante, souffrant d'une démence, en l'occurrence l'Alzheimer. Ce patient aura besoin de soins spécifiques, tout en demeurant autonome dans la mesure du possible et aussi longtemps que possible.

Pour ce faire, il serait nécessaire de bien le connaître. Bien le connaître se traduirait par connaître sa personne et son vécu, ses habitudes, son environnement ainsi que son interaction avec ce dernier. De cela se dégage déjà l'idée d'abord de disposer d'un habitat dans lequel évoluerait le patient et dont la représentation impliquerait les notions d'un habitat bien équipé, d'une personne, son comportement ainsi que les tâches qu'elle susceptible d'accomplir dans un tel habitat.

Évidemment, pour être efficace, la communication doit jouer un rôle clé dans le fonctionnement de l'habitat. Les capteurs, entre autres et comme équipement particulier, constitueront le médium de collecte de données, fonction très importante

pour assurer un bon suivi non seulement de l'état du patient, mais aussi de l'aspect permettant de prendre en charge sa sécurité ainsi que son confort. C'est ce constat qui nous inspire dans la conception de notre architecture ontologique ainsi que de tous les concepts qui lui sont sous-jacents.

CHAPITRE IV

LES ONTOLOGIES DE L'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ

4.1 Introduction

L'architecture ontologique initiale de l'HIT est composée de sept ontologies et est représentée en partie par la Figure 4.1, présentée dans le cadre du workshop OWLED (Latfi et al., 2007).

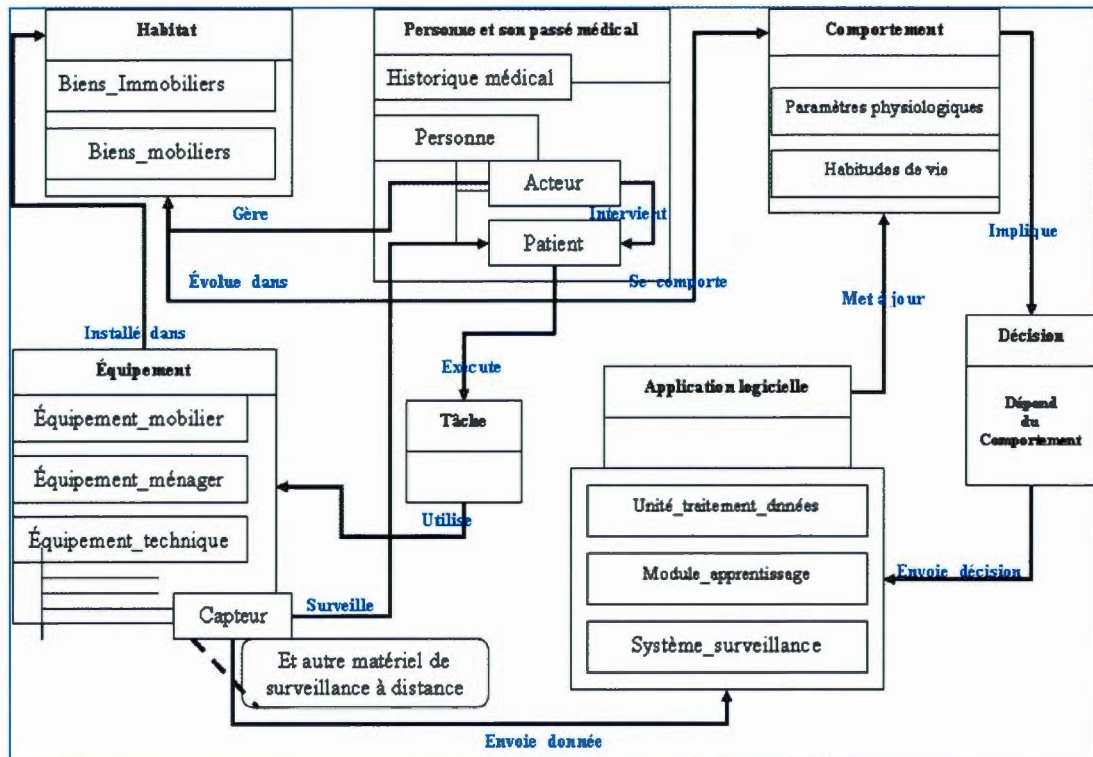


Figure 4.1 Architecture ontologique du HIT

Cette figure est la version francophone du modèle original présenté lors du workshop OWLED 2007. À noter que dans la suite du document, la plupart des images (figures) sera présentée dans la langue de Shakespeare. La préférence pour cette langue est motivée par le désir d'atteindre la plus grande majorité du public cible mais aussi par souci de standardisation, étant donné que la finalité en est le Web sémantique. Cela dit, la lecture de la figure ci-dessus montre clairement qu'il s'agit de sept ontologies qui sont l'habitat, l'équipement, la personne, le comportement, la tâche, les applications logicielles et la décision. Elles ont été développées à l'aide de Protégé, outil d'acquisition de la connaissance qui a été créé en juillet 1987. Protégé est dédié depuis le début aux applications médicales, mais son utilisation s'est généralisée à plusieurs types d'outils et d'applications basées sur la connaissance (Holger et al., 2004). Son architecture modulaire et flexible a permis l'ajout de plusieurs modules dont celui basé sur OWL (Web Ontology Language), lui permettant de supporter la technologie du Web Sémantique pour la construction des ontologies.

La figure fait aussi état des différents liens permettant de définir le type d'interactions et relations entre ontologies. Ces dernières ont été définies selon les spécifications du langage OWL⁶⁸ et sont explicitées dans le tableau suivant :

⁶⁸ http://www.w3.org/TR/owl2-syntax/#Object_Property_Domain

Tableau 4.1 Architecture ontologiques, Méta-relations

Propriété	Domaine	Ensemble d'arrivée
Exécute	Patient	Tâche
Se_compose	Patient	Comportement
Évolue_dans	Patient	Habitat
Gère	Acteur	Habitat
Implique	Comportement	Décision
Intervient	Acteur	Patient
Envoie_donnée	Équipement	Application_Logicielle
Envoie_décision	Décision	Application_Logicielle
Installé_dans	Équipement	Habitat
Surveille	Équipement	Patient
Met_à_jour	Application_Logicielle	Comportement
Utilise	Tâche	Équipement

Une autre ontologie, celle des événements a été créée pour les besoins de l'application développée sur la base de cette architecture. Cela dénote de l'efficacité de l'approche utilisée, basée sur le principe de la modularité que nous mettons en relief sous trois angles différents : les sciences cognitives, l'informatique et finalement les ontologies.

4.2 Modularité et Sciences Cognitives

L'affirmation du principe de modularité constitue la base de la neuropsychologie cognitive qui s'est développée vers la fin des années 60 et dont le but est d'arriver à expliquer le fonctionnement normal de l'esprit et de ses sous-composants, en se basant sur l'observation des dérèglements pathologiques. Shallice (1995) donne l'exemple de l'archéologue tentant de construire un modèle de fonctionnement d'une ancienne civilisation dans son environnement normal à partir des legs du passé.

4.3 Modularité et Informatique (génie logiciel)

En informatique, le concept de modularité est bien défini, contrairement aux sciences cognitives où il continue de susciter de multiples débats et controverses. De manière générale, la modularité consiste en la subdivision d'un système en sous-systèmes dits *modules*, pouvant être développés, utilisés et réutilisés de manière indépendante, permettant ainsi un accroissement de flexibilité et d'adaptabilité, entre autres⁶⁹.

Le développement de logiciel est en effet l'un des champs où la modularité joue un rôle évident (Baldwin et Clark, 2000) mais aussi critique. En effet, son utilité ainsi que ses avantages ne sont plus à prouver. Parmi ces avantages, conséquences de la réduction de la complexité, on peut citer la flexibilité, l'efficacité de la maintenabilité, de la modifiabilité et de la réutilisabilité. Par contre, l'efficacité de ses apports dépend des approches, méthodologies et techniques utilisées à cette fin (Cai et Huynh, 2007).

4.4 Modularité et Ontologies

Comme nous l'avons déjà indiqué, le Web Sémantique (WS) a pour objectif principal de permettre la recherche, le partage ainsi que la réutilisation efficaces des ressources. Il repose sur le potentiel offert par les ontologies (Tetlow et al., 2006), une composante essentielle de son architecture (Berner-Lee et al., 2001). Toutefois, pour assurer la réutilisation, la maintenabilité et l'évolution ainsi que la conception collaborative des ontologies, il est nécessaire de recourir à la modularité (Rector, 2003 ; Grau et al., 2007). Pour ce faire, un processus de normalisation, à l'instar des

⁶⁹ *Modular Design*. From Wikipedia, the free encyclopedia.

bases de données (Rector, 2003) s'impose, en raison de la disponibilité de plus en plus croissante de larges ontologies sur le WS.

Pour revenir à notre architecture, la suite de cette section sera dédiée à la description des sept ontologies selon un acheminement qui suivra l'ordre naturel des « choses ». Cela veut dire que nous commencerons par l'ontologie de l'habitat, qui doit exister avant qu'un patient ne puisse s'y « installer ». L'habitat doit être équipé de sorte qu'il soit viable et sécuritaire. Cela est assuré en partie par les capteurs (entre autres) dont le rôle est d'acheminer les données dont le système a besoin pour assurer le suivi et la sécurité du patient. Les capteurs font partie de l'ontologie de l'équipement qui sert à décrire tout matériel se trouvant ou pouvant se trouver dans l'habitat. Ensuite, nous décrirons l'ontologie de la personne dans le cadre du HIT. Cette dernière s'intitule « *personne_et_son_passé_médical (PersonAndMedicalHistory)* ». Ce titre devrait être actualisé pour refléter la réalité concernant toute personne impliquée ou pouvant l'être dans le fonctionnement du système du HIT. Cependant, nous préférons le garder par soucis de consistance puisqu'il a déjà servi plusieurs fois et de différentes manières. Cette ontologie concerne en effet la personne bénéficiaire de l'habitat, ses antécédents médical, culturel et social. Elle décrit aussi la personne impliquée dans la gestion du dit habitat, qu'elle soit ou non, un proche du patient. Les quatrième et cinquième ontologies correspondent à celles du comportement, et de la tâche. Elles permettent de décrire l'évolution spatiale, temporelle et événementielle du patient à l'intérieur du logement. Le rôle de ces deux dernières repose sur l'efficacité de l'ontologie de l'équipement. D'un autre point de vue, l'efficacité du système du HIT dépend des décisions prises ou à prendre selon les situations auxquelles fait face le patient. Ces décisions sont définies dans l'ontologie de la décision (*Decision*) et dont le contenu est fonction de celui de celle du comportement. Finalement, une ontologie très spéciale, les applications logicielles (*SoftwareApplications*), sert à recenser toutes les applications développées (et à développer) dans le cadre du HIT.

4.5 Conclusion

Dans la suite du document, nous avons scindé cette section en trois chapitres qui prennent en considération trois dimensions. L'aspect structurel et matériel (**chapitre V**) sera consacré aux ontologies de l'habitat et de l'équipement. L'aspect humain et comportemental (**chapitre VI**) sera constitué de celles de la personne (et son historique médical) et du comportement et finalement, l'aspect décisionnel ou managérial (**chapitre VII**). Ce dernier contiendra la description des trois ontologies concernant la gestion du HIT à savoir, celle de la décision, de la tâche ainsi que celle des applications logicielles.

CHAPITRE V

ASPECT STRUCTUREL ET MATÉRIEL

5.1 Introduction

Pour qu'un patient puisse évoluer dans un habitat, il faudrait d'abord que celui-ci existe. C'est dans cette optique que nous optons pour la description de ce que nous appelons l'aspect structurel et matériel en premier lieu. Il consiste en deux composantes, l'habitat et son contenu à savoir, l'équipement. Or, l'évolution de l'habitat, intimement liée à celle de l'homme, mérite qu'on y intéresse de près. L'agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise a présenté en 2012 une étude très intéressante (UrbaLyon, 2012). Elle fait état de l'évolution du concept de l'habitat à travers l'histoire humaine. Étant généralement considéré comme une projection de la société à une époque et un groupe social donnés, l'habitat fait en effet partie intégrante de l'histoire de l'homme. De ce fait, il a fait (et fait encore) l'objet de réflexion multidisciplinaire, impliquant entre autres celles de l'architecture, l'urbanisme, les sciences de la nature ainsi que les sciences humaines (UrbaLyon, 2012). En effet, depuis la préhistoire et passant par l'Oïkos (sphère privée par opposition à l'espace public) de l'ère grecque, le domus, affichant le statut de son propriétaire (par son style et architecture) et l'insulae, habitat de masse au temps des romains, l'habitat a toujours été considéré comme le reflet des modes de vies (UrbaLyon, 2012) mais aussi constitue le point de départ du développement des regroupements des populations qu'on connaît à l'ère contemporaine, à commencer par les villages. Aussi, ci-après une constatation pleine

de sens de la part de (Trouillard, [s.d]) dans son compte rendu sur le logement et l'habitat(ion) et dans lequel il a fait une tentative de spécification précise du contenu de chacun des termes cités ci-dessous mais aussi de leur regroupement de manière adéquate pour aboutir à la paire logement-habitat, suivant la tendance bibliographique comme (Ballain, 1998; Segaud et al., 1998).

Logement, résidence, habitat, habitation, maison, foyer, logis, chez-soi – ainsi que les différents verbes correspondant : (se) loger, résider, habiter ... autant de termes décrivant, grosso modo, une même réalité, sans pour autant être tout à fait des synonymes.

Le regard que porte (Trouillard, [s.d]) la distinction logement – habitat est très important dans la mesure où il y montre l'apport de la géographie, domaine très pertinent pour la question. Cela dit, dans le cadre de notre recherche, il ne s'agit pas de définir l'habitat en fonction des modes de vie des individus (UrbaLyon, 2012) et (Staszak, 2001) ou de contribuer au débat sur l'interprétation des différents termes utilisés pour faire référence à l'habitat (Trouillard, [s.d]). Il s'agit plutôt de définir un type d'habitat standard qui saurait répondre aux besoins du patient que nous qualifions de « fondamentaux » et ce, quelque soit son origine, son mode de vie ou son statut social. Ce qui est important à notre point de vue est que le patient s'approprie son habitat pour en faire son « chez-soi ». Par contre, la spécificité de la maladie de l'Alzheimer ne nous permettra pas d'adopter la même interprétation faite de cette expression par les auteurs de (UrbaLyon, 2012). En effet, dans notre cas, ce sera au système du HIT de s'approprier l'habitat et son occupant, en l'occurrence le patient. C'est dans ce sens que nous définissons l'ontologie de l'Habitat, ci-dessous décrite.

5.2 Ontologie de l'Habitat

La conception de l'architecture ontologique du HIT prend en considération les deux aspects interne et externe de l'habitat. L'aspect interne (fortement relié à l'aspect externe) concerne l'habitat lui-même, autrement dit la structure immobilière de l'habitat (ou logement⁷⁰), décrite par l'ontologie de l'habitat. Dans cet appartement, pourvu de différents équipements ménagers, informatiques, de télécommunication et de capteurs, évolue le patient, une personne vieillissante en perte d'autonomie cognitive dans notre cas.

En effet, l'ontologie de l'habitat sert à décrire le logement servant à accueillir le patient. On y retrouve principalement la description de la partie immeuble ainsi que celle des différentes parties composant les pièces. Comme exemple, on retrouve dans cette deuxième tranche les portes des chambres, les portes patios, les fenêtres, ainsi que les meubles qui se trouvent de façon permanente et fixe dans l'appartement comme les placards encastrés. Ci-après sa description, utilisant l'outil Protégé-OWL.

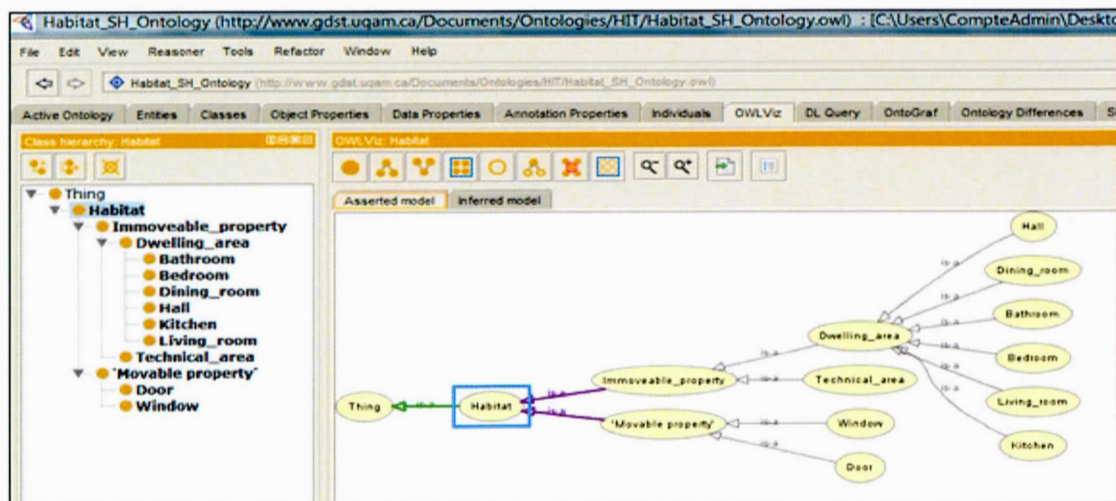


Figure 5.1 Structure abrégée de l'ontologie de l'Habitat

⁷⁰ Nous utiliserons le terme Habitat pour faire référence à l'ontologie et celui de logement pour ce qui est de sa structure immobilière ainsi que son utilisation.

L'ontologie de l'Habitat décrit une structure standard de l'ensemble de pièces qu'on peut trouver généralement dans un habitat. Ainsi, nous trouverons les appellations que tout et chacun connaît comme salon (*Living Room*), salle à manger (*Dinning Room*), chambre à coucher (*Bedroom*), etc. Il faut comprendre qu'il s'agit ici d'un modèle et donc le nombre de pièces par exemple n'apparaîtra à ce niveau que comme attribut (propriété de type de données). Le nombre exact de pièces sera alloué au niveau de l'instanciation du modèle selon les habitats. Par exemple, un habitat standard disposera par défaut d'une chambre à coucher mais peut en avoir deux exceptionnellement le cas échéant. La composante spécifique à ce type d'habitat est la partie technique (local technique) qui sert de lieu d'installation du matériel informatique et de communication. D'ailleurs, en raison de l'importance de cette composante et aussi par soucis de clarté, nous l'avons développée distinctement dans ce que nous avons appelé l'ontologie de l'Équipement (*Equipment*), exposée en détail à la section suivante.

Pour revenir à notre ontologie de l'Habitat, nous remarquons qu'elle est composée de deux grandes classes qui sont « propriété_immuebles (*Immoveable_Property*) » et « propriété_meubles (*Movable_Property*) ». La première classe se décompose elle-même en 2 sous-classes qui sont celle de « l'habitation (*Dwelling_Area*) » et celle « technique (*Technical_Area*) ». C'est d'ailleurs cette dernière qui fait le lien avec l'ontologie de l'équipement.

5.3 Ontologie de l'Équipement

5.3.1 Introduction

En guise d'introduction, ci-après le résumé de l'article que nous avons présenté au festival FICCDAT à Toronto en 2007.

Résumé

T0117: Habitat Intelligent: Ontologie de l'Équipement

*Fatiha Latfi PhD Student, *Université du Québec À Montréal (UQAM)*
Céline Descheneaux MSC Student, *Université du Québec À Montréal (UQAM)*
Bernard Lefebvre, *Université du Québec À Montréal (UQAM)*

Nul doute qu'une représentation adéquate de la connaissance, constitue le point de départ d'un système comme celui des habitats intelligents en télésanté (HIT) pour personne âgée en perte d'autonomie cognitive. L'intelligence du HIT est basée sur sa capacité d'adaptation à différentes situations vécues et à vivre par son occupant, dans le but d'assurer sa sécurité et repose sur l'implication de l'acteur humain, assisté par l'acteur artificiel. Parmi les techniques contemporaines de représentation de la connaissance, les ontologies sont devenues le moyen de modélisation par excellence de par leur potentiel à offrir un dialogue et une coopération entre le système et l'être humain, via une représentation intelligente du domaine. L'engouement de la communauté internationale pour OWL, langage de représentation des ontologies pour le Web Sémantique, en est le parfait exemple, comme en témoigne le foisonnement d'outils basés sur OWL. Pour la modélisation de l'HIT, nous proposons une architecture basée sur plusieurs ontologies (Personne, Habitat, Comportement, Décision...) permettant à la composante logicielle du système d'assumer son rôle d'assistance à la sécurité du patient. Ce rôle consiste notamment à assurer le suivi de son comportement, en vue d'en détecter les anomalies par rapport aux habitudes de vie apprises au cours de ce suivi. Dans cet article, nous mettons l'accent sur l'ontologie Équipement, développée à l'aide de Protégé_OWL. C'est une composante très importante de l'architecture ontologique puisqu'on retrouve la description des capteurs, ayant le rôle crucial de l'acquisition des données servant à la détection des composantes du comportement que sont les activités.

Festival of International Conferences on
CAREGIVING, DISABILITY, AGING AND TECHNOLOGY (FICCDAT)
Festival Abstracts
June 16-19, 2007
Toronto, Ontario-Canada

5.3.2 Ontologie de l'équipement, un élément de l'architecture ontologique du HIT

L'ontologie de l'équipement fait partie des sept premières définies dans la première version de l'architecture ontologie du HIT (Latfi et al., 2007). Elle a fait l'objet d'une soumission antérieure dans le cadre du FICCDAT 2007 (Latfi et al., 2007a)⁷¹. Elle est détaillée dans la Figure 5.2 faisant partie du même article.

Les parties principales constituant l'ontologie de l'équipement sont au nombre de trois et correspondent aux cases blanches dans la même figure. Les deux premières classes qui sont l'équipement mobilier (*Furniture_equipment*) et l'équipement ménager (*Household_equipment*) servent en effet à décrire les outils manipulés ou pouvant être manipulés par le patient. La troisième classe intitulée (*Technical_equipment*), décrit l'équipement technique et particulièrement les capteurs dont le rôle est primordial. Ceux-ci ont pour fonction de véhiculer toutes les informations nécessaires (et possibles selon la configuration initiale de l'Habitat et de ses différentes composantes) concernant le patient, vers l'entité responsable de sa sécurité.

⁷¹ Voir le résumé présenté à la page précédente.

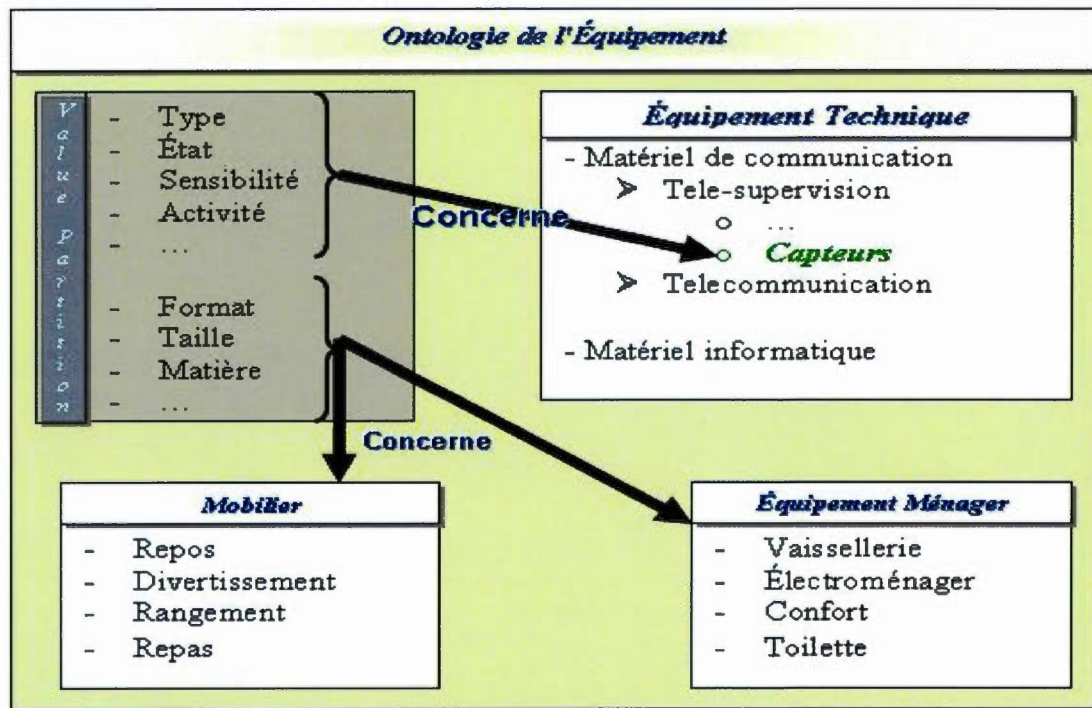


Figure 5.2 Aperçu abrégé de l'ontologie de l'équipement

Quant à la partie grise (*EquipmentValuePartition*), qui correspond à ce qu'on appelle un patron de conception (*Design Pattern*) (Rector, 2005), elle consiste en un ensemble de classes décrivant des propriétés pour lesquelles, un ensemble restreint et *exhaustif* de valeurs doit être défini. Le tableau suivant donne un aperçu de quelques patrons, définis selon l'approche 2 décrite dans (Noy et al., 2005).

Tableau 5.1 Partitions de valeurs relatives à L'équipement

Classes	Enumerations
Equipment_material	Aluminum, Cast_iron, Glass_matter, Gold_plated, Iron, Melamine, Paper_matter, Plastic, Pocelain, Silicone, Silver, Stainless, Wood
Size	Small, Single, Double, Queen, King, High, Large, Medium
Format	Oval, Round, Square
Sensor_state	isOn, isOff
Sensor_activity	Active, Passive
Sensor_sensitivity	Hard, Sensitive, Soft
Sensor_type	Contact_sensor, Handhold_sensor, Non_Contact_sensor

Des relations (propriétés) sont définies pour décrire les liens entre les différentes classes, particulièrement entre l'équipement technique et le reste, ainsi que différentes restrictions touchant à l'utilisation de certains paramètres. Ci-après quelques exemples de propriétés et de restrictions définies sur la classe Lit (*Bed*).

Tableau 5.2 Exemple de propriétés et restrictions

hasSize	\forall hasSize {Queen Single King Double}
isMadeOf	\exists isMadeOf {Wood}
hasSensor	hasSenser max 1

5.3.3 Structure de l'ontologie de l'équipement définie à l'aide de Protégé-OWL

Étant donné le nombre de concepts dépassant les 200, nous ne pouvons afficher l'ontologie de l'équipement en détail dans le présent paragraphe⁷². L'image de sa structure obtenue à l'aide de l'outil OWLViz⁷³ se trouve à la section des annexes et donnera au lecteur le degré de visibilité auquel nous sommes parvenus. En résumé, nous présentons ici les « vues » ou prises d'écran des 3 classes principales à partir de l'éditeur Protégé-OWL.

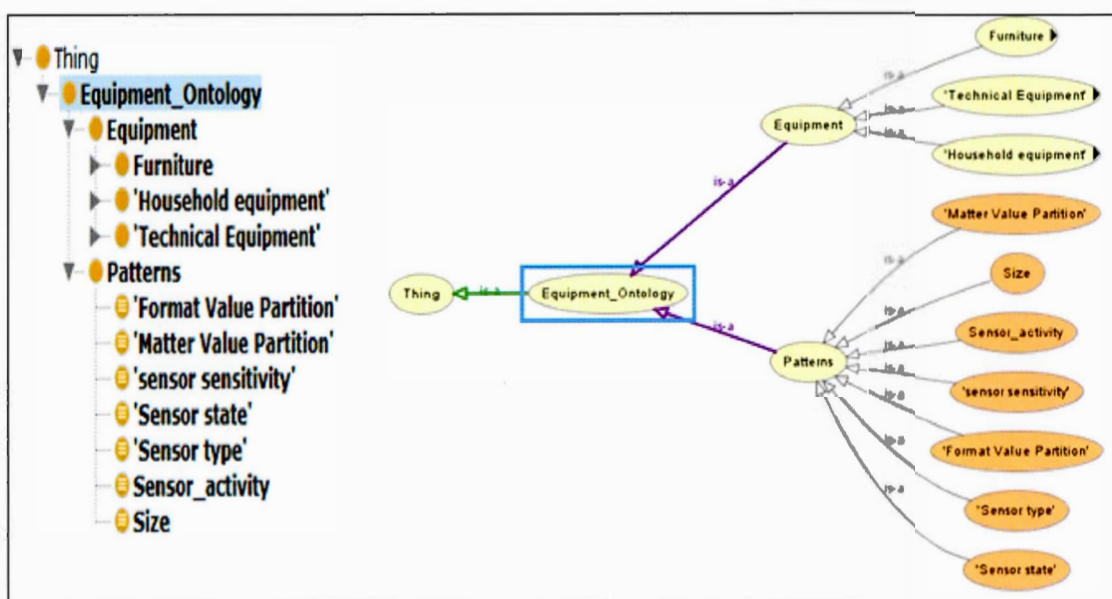


Figure 5.3 Bref aperçu de l'ontologie équipement

⁷² Le fichier XML correspondant à cette ontologie est annexé à la fin du présent document.

⁷³ <http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OWLViz>

L'image ci-dessus présente l'ontologie de l'équipement telle que nous l'avons conçue à l'aide de l'éditeur Protégé-OWL. Nous remarquons trois sous-classes sous celle nommée « Equipment » que nous avons précédemment citées. Ces classes ont été définies en fonction de la nature de l'équipement qu'un logement puisse contenir (mobilier) mais aussi en fonction de l'utilisation qui en sera faite (équipement ménager) ou encore de sa potentielle utilité (équipement technique dont les capteurs essentiellement). De ce point de vue, un paragraphe sera consacré aux capteurs.

Comme nous l'avons déjà mentionné, le nombre de concepts (classes) dans cette ontologie dépassent les deux-cents. Nous présentons donc ci-après quelques images qui résument cette structure. La prochaine donne une vue de la classe mobilier ou « Furniture ». Comme il est difficile d'avoir une image claire de tous les concepts, nous les présentons aussi sous forme de tableau.

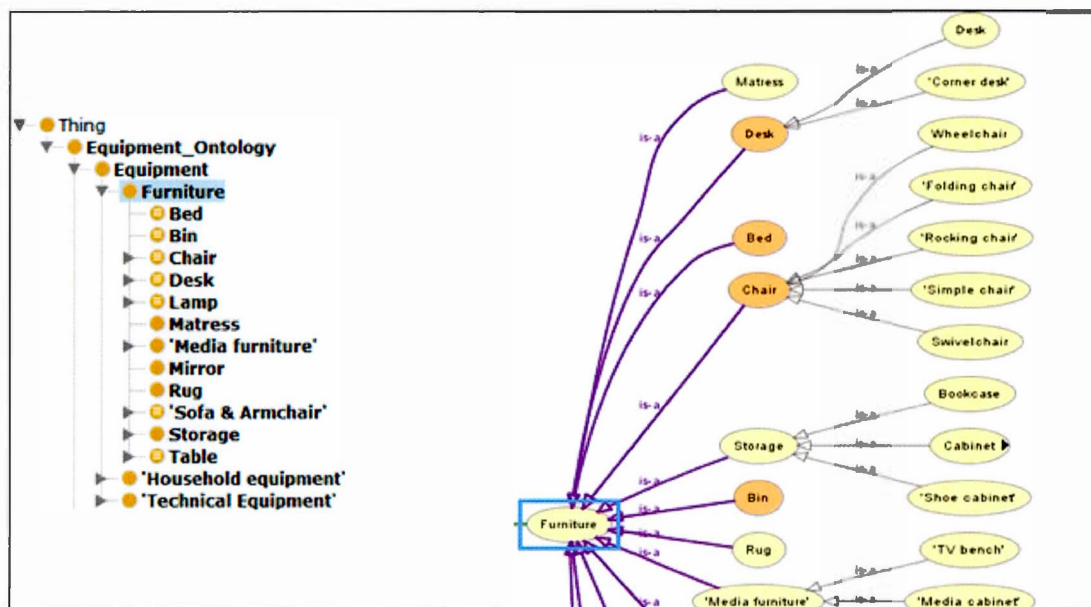


Figure 5.4 Classe Mobilier (*Furniture*)

Dans cette hiérarchie, nous trouvons tout ce qui a trait au mobilier équipant ou pouvant équiper un habitat pour le rendre viable, confortable mais aussi sécuritaire.

Évidemment dans le cas de chaque composante, nous essayons d'avoir une vision des plus complètes possibles⁷⁴. Cependant, il serait impossible dans le cadre du présent travail de décrire le monde dans ses moindres détails et donc nous nous contentons de montrer l'essentiel. Il est toutefois important d'attirer l'attention du lecteur sur le fait que nous avons opté pour le principe de la modularité dans le développement de notre architecture. L'objectif sous-jacent étant de permettre à ladite architecture une évolution (mise-à-jour) efficace. Pour revenir à la classe Mobilier et d'après la figure ci-dessus, elle consiste en meubles pouvant se trouver dans une chambre à coucher, un salon, une salle à manger, une cuisine, une salle de bain, etc. Elle peut aussi être vue sous forme de catégories telles que le divertissement (équipement média), le confort, l'utile et nécessaire (lit, matelas et sofas) et ainsi de suite.

La figure ci-dessous quant à elle, présente les composantes de la classe équipement ménager « *Household_Equipment* » et qui consistent en équipement devant ou pouvant servir à la salle de bain, au nettoyage, etc. On y retrouve aussi l'équipement électroménager se composant d'appareils standards comme le réfrigérateur, la cuisinière, le four micro-ondes ainsi que ceux nécessaires pour le lavage et séchage du linge. Leur nombre et niveau de complexité ainsi que leur présence ou non dans le logement dépendront aussi de l'état de santé physique et mentale du patient. Cela sera défini à l'étape de l'initialisation de chaque habitat. Suivra à la Figure 5.6, la description de la classe d'équipement technique.

⁷⁴ Décrire le monde dans tous ces détails étant le but ultime d'une ontologie.

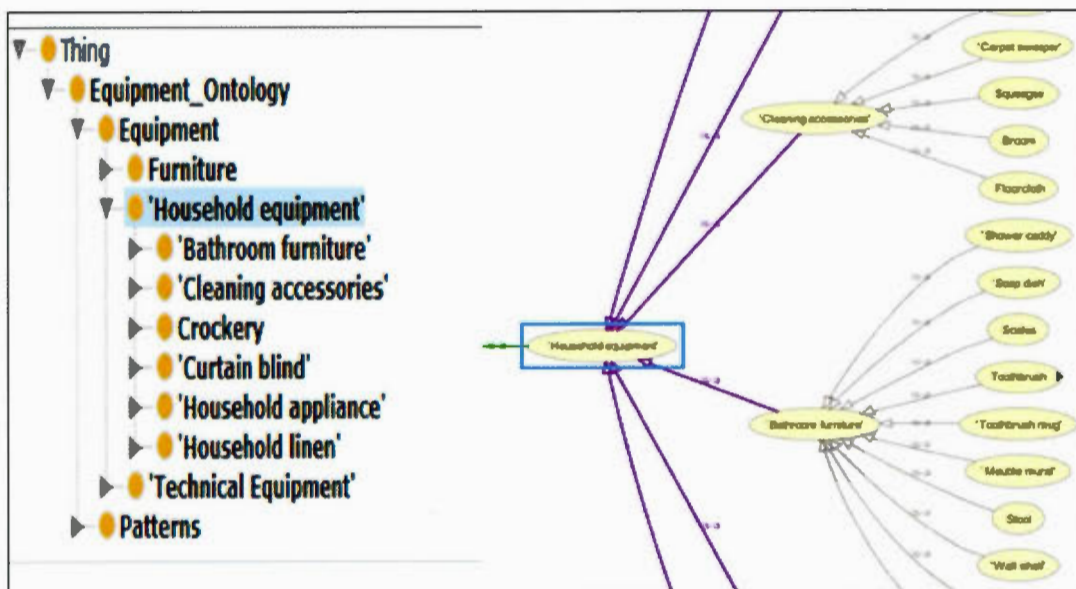


Figure 5.5 Classe équipement ménager (*Household Equipment*)

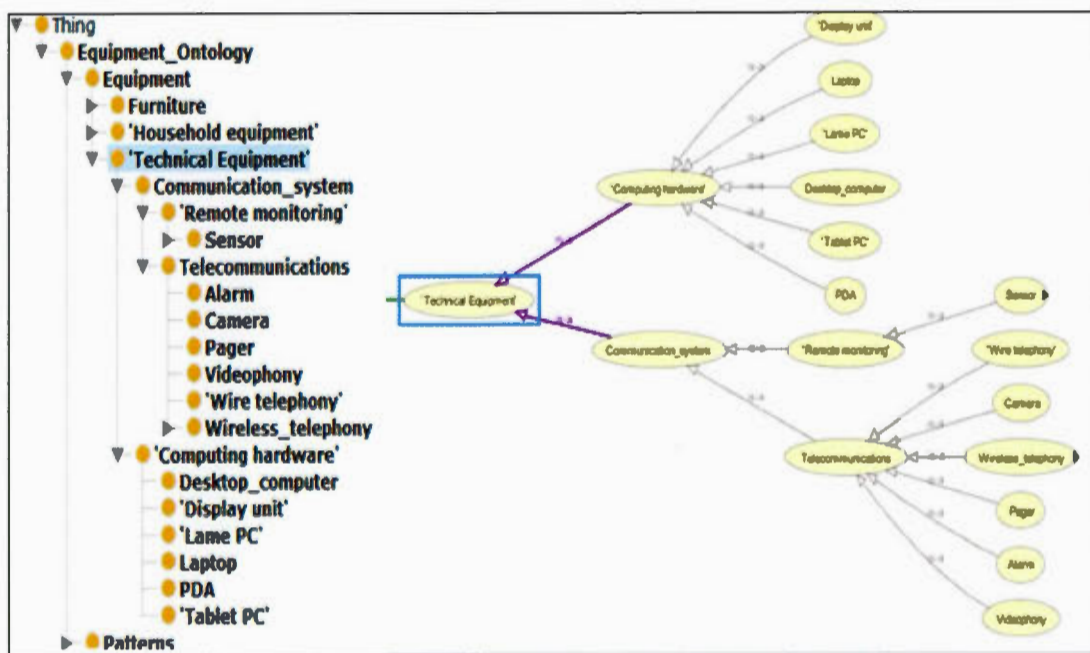


Figure 5.6 Classe équipement technique (*Technical Equipment*)

Bien que tous les éléments composant la structure du HIT soient aussi importants les uns comme les autres, ceux faisant partie de l'équipement technique jouent un rôle indiscutable dans la mesure où l'efficacité du HIT mais surtout la sécurité du patient en dépendent. Prenons comme exemple le téléphone. Si le système a besoin d'utiliser un avertissement vocal par le biais du téléphone et que ce dernier est temporairement dysfonctionnel, le patient pourrait bien se trouver en danger s'il a d'autres handicaps que l'Alzheimer et qui l'empêcheraient d'utiliser un médium visuel. Évidemment, cela reste un exemple très simpliste car le fonctionnement de tout l'équipement au sein du HIT est censé faire l'objet de suivi via les capteurs, la composante-clé de la classe technique, que nous détaillons à la section (ci-dessous) concernant les capteurs, après avoir passé en revue quelques valeurs (instances) de certaines classes, résumées par la Figure 5.7.

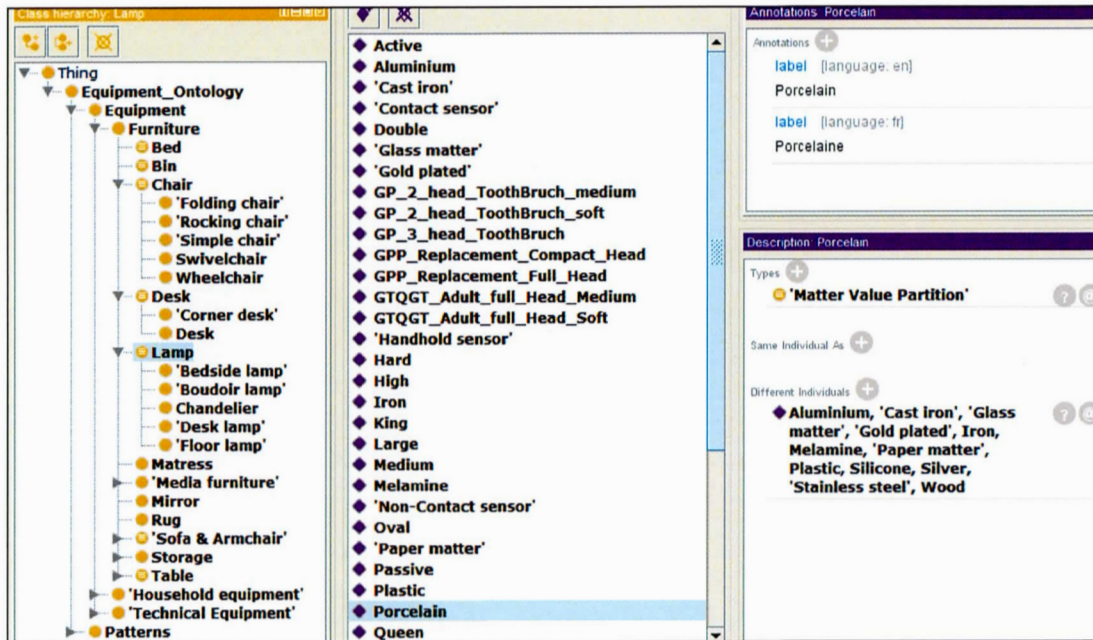


Figure 5.7 Liste des instances (valeurs) de certaines classes

La figure ci-dessus est une synthèse de plusieurs modules au niveau de l'outil Protégé-OWL et donne un aperçu de certaines classes de l'ontologie de l'Équipement (partie gauche), des valeurs ou instances toutes confondues (partie centrale de l'image) et finalement certaines valeurs spécifiques à une classe en particulier (partie inférieure droite). Dans ce cas, il s'agit de la classe des « patrons_matière » (*Matter Value Partition*) qui décrit les différentes valeurs de la matière première essentielle dont est fabriqué l'équipement.

5.3.4 Les capteurs

Nous avons fait le choix de décrire les capteurs comme faisant partie de l'ontologie de l'Équipement et non pas par le biais d'une ontologie à part. Cela est justifié par notre perception de la notion du HIT comme un tout et dans lequel les différentes composantes principales sont définies en fonction de l'ordre naturel des choses. Cela dit, l'un des avantages des ontologies étant la réutilisation, il serait préférable de faire appel à celles existantes déjà dans le domaine des capteurs si besoin est.

La figure ci-dessous est une synthèse d'une partie de la hiérarchie définie dans l'ontologie de l'équipement contenant celle des capteurs ainsi qu'une représentation graphique à l'aide de l'outil OWLViz faisant partie de l'éditeur Protégé 2000.

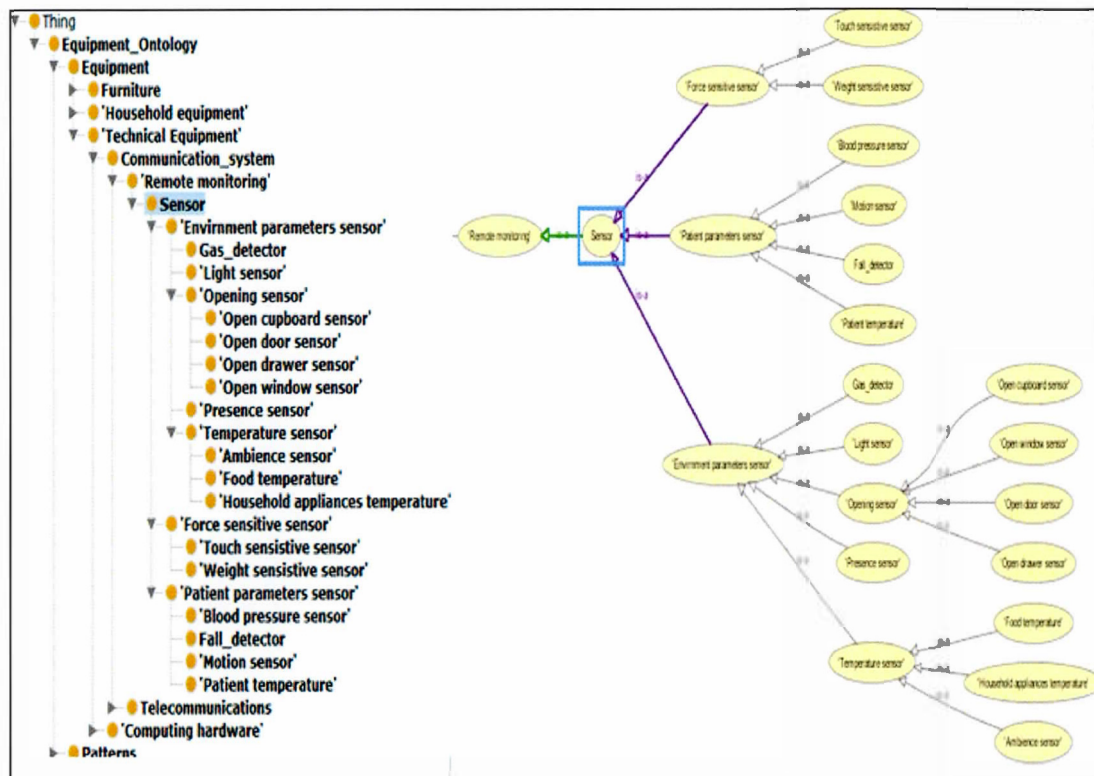


Figure 5.8 Classe des capteurs (*Sensor*)

Pour plus de clarté (l'image étant condensée), et pour mieux illustrer notre description des capteurs, nous procédons à un découpage de la figure précédente. Cela nous permettra de donner un survol exhaustif de la sous-ontologie des capteurs. Ainsi, le lecteur notera trois différentes sous-classes en dessous de celle intitulée capteur (« *sensor* »), à savoir : les capteurs spécifiques aux paramètres de l'environnement (*Environment_parameters_sensors*), les capteurs sensibles à la pression (*Force_sensitive_sensors*) et ceux relatifs aux paramètres concernant le patient (*Patient_parameters_sensors*). Ci-après les trois types de capteurs en détail.

5.3.4.1 Capteurs spécifiques aux paramètres de l'environnement

(Environment_parameters_sensors)

les capteurs spécifiques aux paramètres de l'environnement au sein du HIT correspondent à ceux qui permettent de mesurer ou détecter tout ce qui entoure le patient dans son environnement immédiat. Cela peut inclure (mais ne se limite pas aux) les détecteurs de tout type de gaz (oxyde de carbone, propane, etc.), de lumière ou de présence. L'autre type de capteur est celui d'ouverture de n'importe quel objet dans le HIT et particulièrement les portes, les portières d'armoires, de tiroirs et de fenêtres. Un paramètre aussi important que les précédents est la température. Dans notre cas, plusieurs types de température doivent être mesurés. D'abord celle se rapportant à l'environnement du HIT en général à savoir celle du logement dans lequel évolue le patient. Ensuite, il s'agit de surveiller celle de la nourriture pour éviter des risques de blessures ou brûlures au patient et finalement, la température des appareils électroménagers ainsi que celle des outils de cuisson. Ce dernier paramètre présente non seulement des risques de brûlures mais peut être la source d'incendie. Il est donc à prendre très au sérieux, d'où l'importance de bien décrire les capteurs s'y rapportant. La figure suivante donne un bref aperçu de cette catégorie de capteurs.

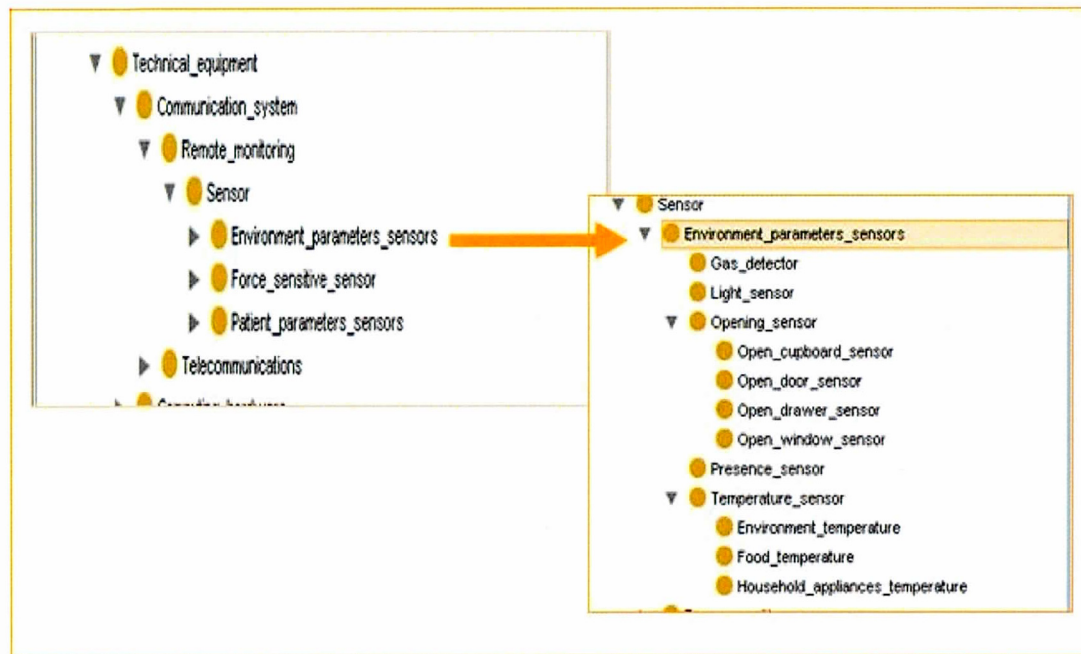


Figure 5.9 Capteurs des paramètres de l'environnement

5.3.4.2 Capteurs sensibles à la pression (*Force_sensitive_sensors*).

Cette classe sert à décrire les capteurs qui permettent d'avoir les mesures de poids, pression, écrasement et appui. Leur résistance varie en fonction de la pression qu'on exerce sur la zone sensible d'où le libellé « *Force Sensitive Resistor (FSR)* », classe qui se subdivise elle-même en deux sous catégories, celle des capteurs sensibles au toucher et celle des capteurs sensibles à la pression en fonction du poids.

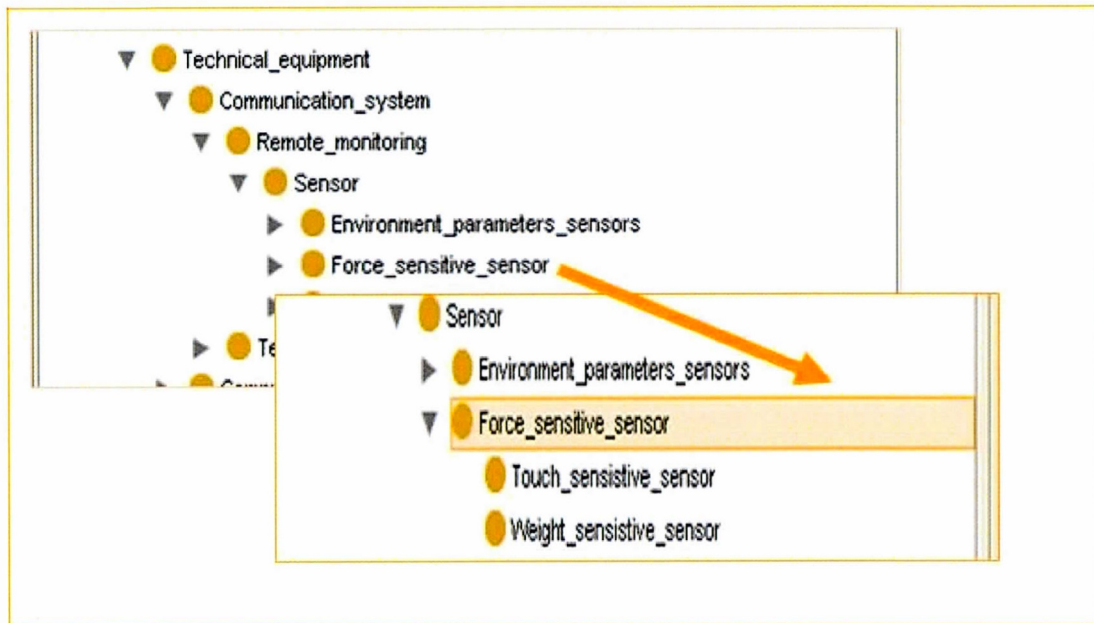


Figure 5.10 Capteurs sensibles à la pression

5.3.4.3 Capteurs de paramètres concernant le patient (*Patient_parameters_sensors*).

Tel qu'illustré par la figure suivante, dans cette classe, on retrouve tous les capteurs dont le rôle est de prendre en charge tous les paramètres concernant le patient. En premier lieu, il s'agit de faire le suivi de ses paramètres physiologiques comme la mesure de sa pression sanguine ainsi que celle de sa température corporelle. En deuxième lieu, être en mesure de savoir s'il se trouve au bon endroit en fonction des paramètres spatio-temporels ou, s'il a fait une chute et qu'il est en danger. Cela est possible grâce aux capteurs de mouvement et ceux permettant de détecter les chutes.

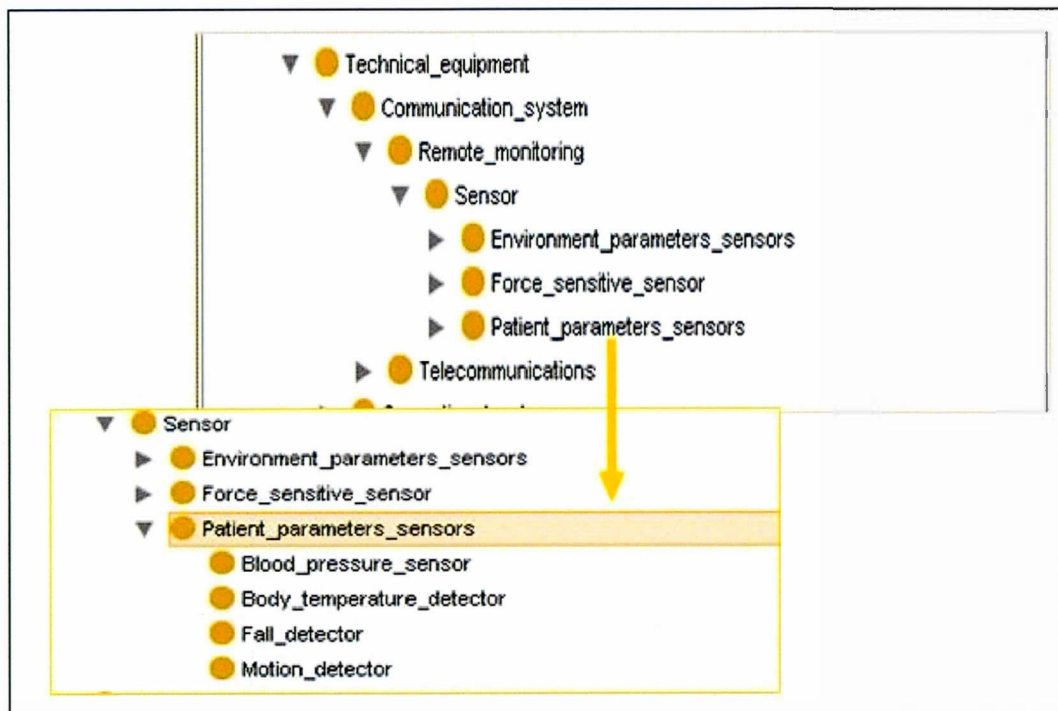


Figure 5.11 Capteurs de paramètres concernant le patient

Évidemment, la description que nous faisons ici est très limitée dans la mesure où l'espace d'un tel document ne permet pas de décrire toutes les possibilités qui font le « monde » du patient au sein du HIT.

Cela dit, la figure suivante représente une synthèse des différentes propriétés intitulées « *Object Properties* » ou relations. Ces propriétés (relations) sont un autre exemple qui complète celui illustré dans le Tableau 5.2 (Exemple de propriétés et restrictions). Une des caractéristiques de ce type de propriétés est qu'elles permettent de relier entre elles deux instances de deux classes (ou dans certains cas, de deux ontologies) à la différence de propriétés « *Datatype* » qui elles, mettent en relation une instance d'une classe et une valeur littérale « *Literal Value* »⁷⁵. Ainsi et comme exemple, « *hasLocation* » ou inversement « *isLocatedIn* » est une propriété qui

⁷⁵ <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>

permet de faire le lien entre un équipement et la pièce ou les pièces où il se trouve (ou doit se trouver). Cela implique deux ontologies : Équipement et Habitat. Ou encore « *hasSensor* », qui permet d'indiquer si un équipement dispose d'un capteur ou non. Dans ce cas, la relation implique deux classes de la même ontologie, celle de l'équipement.

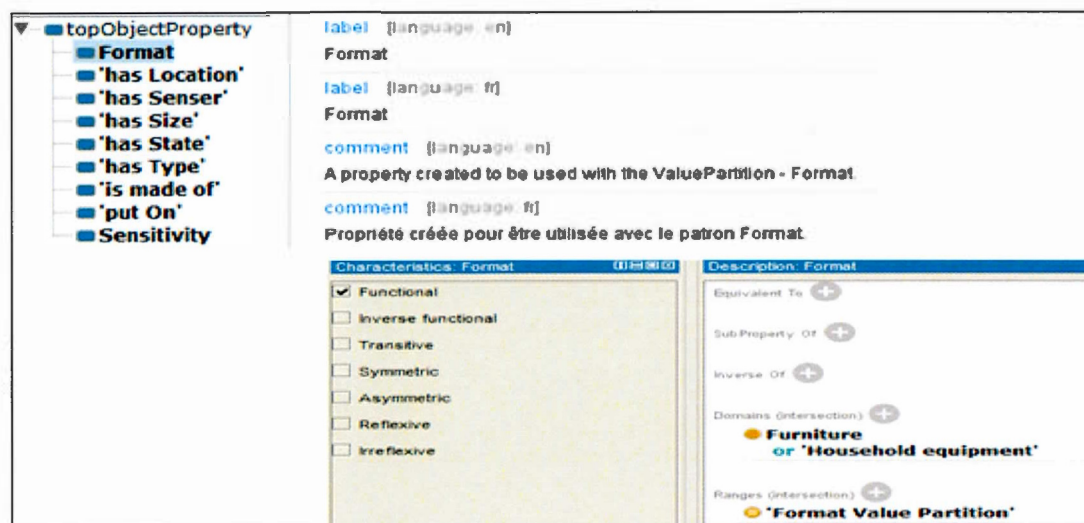


Figure 5.12 Liste des propriétés d'objet

5.4 Conclusion

Ce chapitre a consisté en la description de l'aspect structurel du système HIT, à savoir l'habitat en tant que tel ainsi que l'équipement devant ou pouvant s'y trouver. Nous avons procédé de la sorte par souci de pensée parallèle avec l'ordre naturel des choses. Sans habitat, il n'aura pas de système de HIT. Le chapitre qui suit fait la description de la personne ainsi que du comportement du patient, qui bénéficierait de l'habitat.

CHAPITRE VI

ASPECT HUMAIN ET COMPORTEMENTAL

LA PERSONNE ET SON COMPORTEMENT

6.1 Introduction

Ce chapitre est consacré aux deux notions aussi importantes et inter-reliées l'une - l'autre que sont la personne et le comportement. La notion de l'HIT dans le cadre de cette thèse serait dénudée de son sens si elle ne prenait pas en compte ces deux dimensions. En effet, l'HIT est façonné, géré et contrôlé par la « personne », pour répondre aux besoins de « l'autre personne » qu'est le patient. Son efficacité dépendra de sa capacité à répondre adéquatement au comportement de cette autre personne. En fait, même si une personne ne peut être dissociée de son comportement, définir les deux notions de manière distincte permettra de mieux les cerner et de pouvoir ainsi répondre aux exigences de la modularité. De plus, la dimension comportementale qui nous intéresse dans le cadre de cette thèse est celle du patient. Or, ce dernier concept constitue une partie de celui de la « personne », la plus importante certes, cependant, la dimension comportementale est ce qui permet à l'HIT de mettre à l'épreuve son intelligence. Dans ce qui suit, nous décrivons donc l'ontologie de la personne ainsi que celle du comportement.

6.2 Ontologie de la personne

6.2.1 Introduction

Le rôle de cette ontologie est très important dans la mesure où elle sert à décrire la personne et son rôle dans la gestion et la maintenance du système d'une part. D'un autre point de vue, la description de la personne bénéficiaire de l'habitat est cruciale dans le sens où l'efficacité du HIT en découle. En effet, si dans sa normalité, le cerveau humain ne peut être remplacé par une machine puisqu'il ne se réduit pas seulement à un ensemble de fonctions calculables, car en plus il y a des émotions, des intuitions et des sentiments, dans le cas d'une personne vieillissante et souffrant d'une déficience cognitive (en l'occurrence l'Alzheimer), une représentation adéquate devrait prendre en considération outre les facteurs précités, d'autres éléments héréditaires et perturbations dues à l'influence de son environnement.

6.2.2 Structure de l'ontologie

L'ontologie de la personne (« *PersonAndMedicalHistory* ») se compose de deux parties principales : celle concernant la personne en général (« *Person* ») et celle concernant l'historique des antécédents du patient, en particulier ceux médicaux (« *Medical_history* »). Ci-après un bref survol des principales classes.

1. « *Personne (Person)* » : cette classe a pour objectif principal la description des caractéristiques du patient. Cependant, elle serait incomplète si elle ne prenait pas en compte la description de « l'autre personne » dont le rôle est non seulement essentiel mais est surtout crucial pour le bon fonctionnement du HIT et donc la

sécurité du patient. C'est ce que nous avons nommé « Acteur (*Actor*) ». L'acteur peut être une personne physique (être humain) ou morale s'il s'agit d'une fonction en lien avec l'habitat. Trois types d'acteur sont donc définis dans l'ontologie. Le premier étant un « Acteur médical (*Medical_staff*) » qui décrit toutes les personnes pouvant intervenir pour assurer des soins de santé, physique ou mentale au patient. Le deuxième est un « Acteur gestionnaire de l'habitat (*Habitat_staff*) », impliqué dans la gestion à ses différents degrés et sous toutes ses formes de l'habitat. Finalement le troisième est un « Acteur bénévole (*Volunteer*) » qui correspond à tous ceux qui s'impliquent dans la gestion de l'habitat ou le soutien au patient mais de manière totalement bénévole. Il s'agit dans ce cas de proches ou amis du patient, ainsi que de simples volontaires (bénévoles). Une description détaillée a été donnée dans (Latfi et al., 2007, 2007a, 2007b).

2. « Historique_médical (*Medical_history*) » : cette classe a un rôle très important à jouer dans la mesure où elle permet d'étendre la classe **Patient**. En effet, elle décrit les antécédents médicaux du patient ainsi que les facteurs de risque déclencheurs ou résultants de la maladie de l'Alzheimer ou de maladies connexes, reliées en général au vieillissement. Ces maladies peuvent être temporaires (normales) ou chroniques, physiques ou intellectuelles. Cet aspect est pris en considération en raison des caractéristiques spécifiques à la maladie d'Alzheimer⁷⁶, ainsi qu'à l'absence de consensus unanime sur le nombre d'étapes et l'évolution de la maladie à titre individuel. Aussi, l'ontologie de la personne prend en compte les facteurs de risque qui prédisposent à la maladie d'Alzheimer (antécédents individuels et familiaux). Inversement, une personne atteinte de cette maladie court un haut risque de souffrir d'autres pathologies (l'Alzheimer étant dans ce cas le facteur de risque). Dans le cas de l'HIT, le patient est une personne déjà atteinte de l'Alzheimer et donc ces maladies peuvent aussi être considérées comme conséquences et leur

⁷⁶ Voir chapitre 1.

détection s'avère non seulement très importante mais aussi et surtout nécessaire. Parmi elles, figurent le « Diabète (*Diabetes*) » et « l'hypertension artérielle (*Arterial_hypertension*) ». Ces maladies, entre autres, sont définies dans la classe « Maladie (*Disease*) » et particulièrement celle consacrée aux maladies chroniques (*Chronical_disease*). La classe « Maladies (*Disease*) » permet en effet d'énumérer les différentes maladies dont le patient peut être (peut avoir été) atteint. Ceci permet de faire un suivi de son état de santé et de mieux connaître certains de ses agissements ou comportements « anormaux ».

Une autre classe de non moindre importance est celle décrivant quelques⁷⁷ déficiences dont peut souffrir le patient, « Déficience (*Deficiency*⁷⁸) ». Elle permet de décrire toutes les « déficiences physiques et/ou intellectuelles (*Intellectual-deficiency, Physicaldeficiency*) » dont peut souffrir le patient. La classe « Prescription médicale (*Prescribed_medication*) » permet de fixer au moment de l'instanciation de l'ontologie, les règles d'hygiène et de médication à suivre pour le patient. Finalement, la classe « Facteurs de risque (*Risk_factors*) » donne une description des maladies considérées comme facteurs de risques liés à la maladie d'Alzheimer. Elle peut aussi faire état des antécédents familiaux et héréditaires toujours en lien avec la maladie, comme nous l'avons déjà mentionné.

La Figure 6.1 est une synthèse des différentes classes composant l'ontologie de la personne, ainsi que quelques relations les régissant

⁷⁷ La description de tous les états du domaine étant une tâche colossale, seules certaines déficiences sont énoncées.

⁷⁸ Les termes entre parenthèses représentent ceux définis dans la langue de l'outil utilisé pour le développement des ontologies du HIT, en l'occurrence l'anglais.

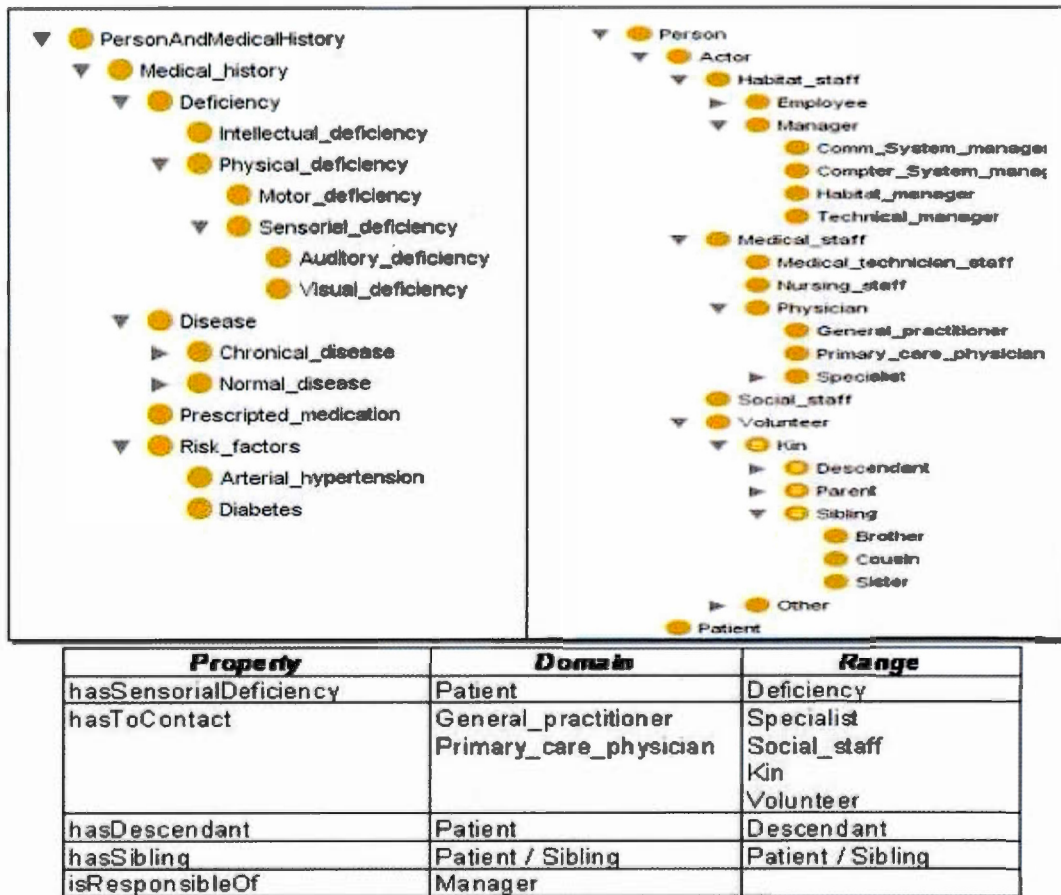


Figure 6.1 Vue de l'ontologie de la personne et quelques relations

Comme nous l'avons déjà mentionné, la description de la personne et particulièrement celle du patient est très importante mais, son comportement est l'élément clé dans la mesure où il peut mettre le patient en situation de danger d'une part. De l'autre part, le comportement est la variable dont le fonctionnement du HIT dépend et donc qui lui permettra de s'ajuster selon telle ou telle situation.

6.3 Ontologie du comportement

Ci-après le résumé de notre participation au colloque organisé par le laboratoire DOMUS dans le cadre du 75 congrès de l'ACFAS à l'UQTR en 2007.

Résumé

Habitat intelligent en télésanté: ontologie du comportement et gestion des interfaces usagers (Latfi et al., 2007b)

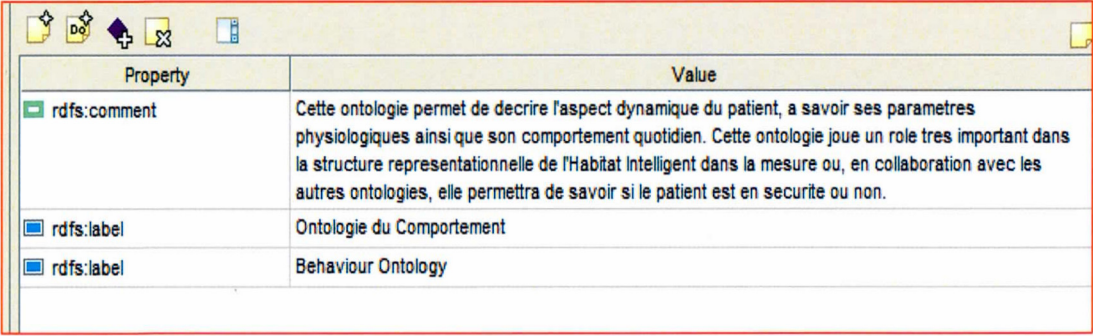
Dans un système d'habitat intelligent pour la télésanté, la communication personne-système joue un rôle crucial. Son efficacité dépend beaucoup de l'ergonomie des interfaces utilisateurs et principalement celles destinées à l'occupant de l'habitat. Dans le cas d'une personne âgée en perte d'autonomie cognitive, la spécificité des besoins dépend non seulement de chaque personne mais aussi de l'évolution de son état de santé général ainsi que de l'évolution de sa maladie.

Nous nous intéressons à l'aspect de la représentation de la connaissance et à son rôle dans la définition adéquate des interfaces usagers. Pour ce faire, nous proposons une architecture basée sur plusieurs ontologies, lesquelles permettent à la composante logicielle du système d'assumer un rôle d'assistance à la sécurité du patient. Ce rôle consiste notamment à assurer le suivi de son comportement, en vue d'en détecter les anomalies par rapport aux habitudes de vie apprises au cours de ce suivi. Ces habitudes de vie sont décrites dans l'ontologie du comportement et maintenues par le biais de l'apprentissage. Dans le cas d'une situation problématique ou anormale décelée par le système, la communication vers la personne doit se faire de la façon la moins traumatisante possible tout en étant la plus efficace possible. Elle doit donc être effectuée selon des modalités adaptées et choisies en fonction de l'information que le système a de la personne et que l'on retrouve dans l'instanciation des ontologies.

6.3.1 Introduction

L'ontologie du comportement (Latfi et al., 2007b) décrit les paramètres physiologiques ainsi que les habitudes de vie du patient. Du comportement du patient dépend toute action (ontologie de la décision) visant à assurer sa sécurité. Elle joue de ce fait un rôle essentiel au niveau de l'architecture globale⁷⁹. Le comportement est partiellement basé sur les séquences de tâches⁸⁰ qui sont effectuées de manière routinière lesquelles constituent le profil comportemental du patient. Celui-ci, doit être actualisé au fur et à mesure que l'état de santé du patient évolue. L'ontologie de la tâche joue donc, à ce niveau, un rôle essentiel par le biais de la synthèse des tâches journalières qu'elle permet de décrire et qui sont reconnues par le biais des réseaux bayésiens (Descheneaux et al., 2007).

Ci-après une prise d'écran de l'éditeur Protégé2000-OWL présentant un sommaire de ce à quoi correspond l'ontologie du Comportement.






Property	Value
 rdfs:comment	Cette ontologie permet de decire l'aspect dynamique du patient, a savoir ses parametres physiologiques ainsi que son comportement quotidien. Cette ontologie joue un role tres important dans la structure representationnelle de l'Habitat Intelligent dans la mesure ou, en collaboration avec les autres ontologies, elle permettra de savoir si le patient est en securite ou non.
 rdfs:label	Ontologie du Comportement
 rdfs:label	Behaviour Ontology

Figure 6.2 Définition sommaire de ce à quoi correspond l'ontologie du Comportement

⁷⁹ Voir figure ci-après.

⁸⁰ Que nous verrons en détail dans la suite du document.

Aussi, comme illustré dans l'image suivante, qui présente une partie de l'ontologie du comportement sous forme de nœuds⁸¹ (Latfi et Lefebvre, 2005), nous constatons qu'elle joue un rôle pivot entre celles de la personne, de l'habitat, de l'événement ainsi que celle de l'équipement.

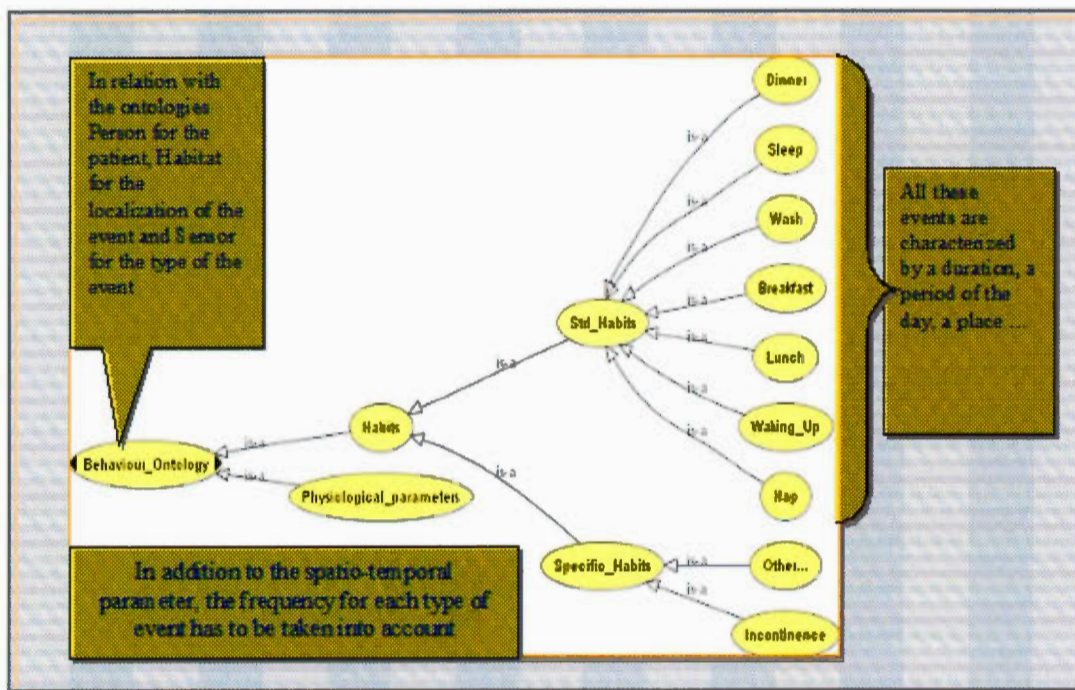


Figure 6.3 Partie de l'ontologie « Comportement (*Behaviour*) »

6.3.2 Structure de l'ontologie

L'ontologie du comportement « *Behaviour* » présente une structure assez simple pour le moment. Deux grandes classes la composent et sont :

⁸¹ Le graphique des nœuds est produit à l'aide de l'outil OWLViz.

1. Habitudes de vie « *Habits* », elle-même composée de deux principales sous-classes : les habitudes routinières « *Std_Habits* » et les habitudes spécifiques « *Specific_Habits* ». Les habitudes de routine correspondent à celles que tout être humain est supposé avoir pendant une journée typique, débutant par le réveil du matin jusqu'au retour au lit pour le repos nocturne. Entre les deux extrémités, on trouve les différents repas, les séances de toilette (lavage des mains, brossage des dents, douche, bain, etc.). Les habitudes spécifiques sont celles qui peuvent sembler extraordinaires pour une personne ne souffrant d'aucune inaptitude ou handicap et encore moins d'une incapacité mentale.

2. Paramètres physiologiques « *Physiological_parameters* ». Pour permettre un bon suivi de l'état de santé du patient, il est essentiel d'avoir un bilan à jour de ses différents paramètres physiologiques incluant (mais non limités à) sa pression sanguine, sa température, son poids et sa masse grasseuse. Ces paramètres peuvent être mesurables à différentes périodes et fréquences. C'est d'ailleurs l'utilité de la définition de la classe des « valeurs-patrons (*Value_Partition*) » qui se subdivise en trois sous-classes : « Jour_de_semaine (*Day_of_week*) », décrivant comme son nom l'indique les jours de la semaine et permettant de spécifier le jour dans lequel l'habitude ou l'activité a lieu), « Mois-de l'année (*Month_of_year*) » et « Unité temporelle (*Temporal_unit*) ». Cette classe décrit les unités temporelles nécessaires à la description de la durée ainsi que des horaires des différentes activités du patient. La Figure 6.4 résume de façon visuelle la structure de l'ontologie du comportement.

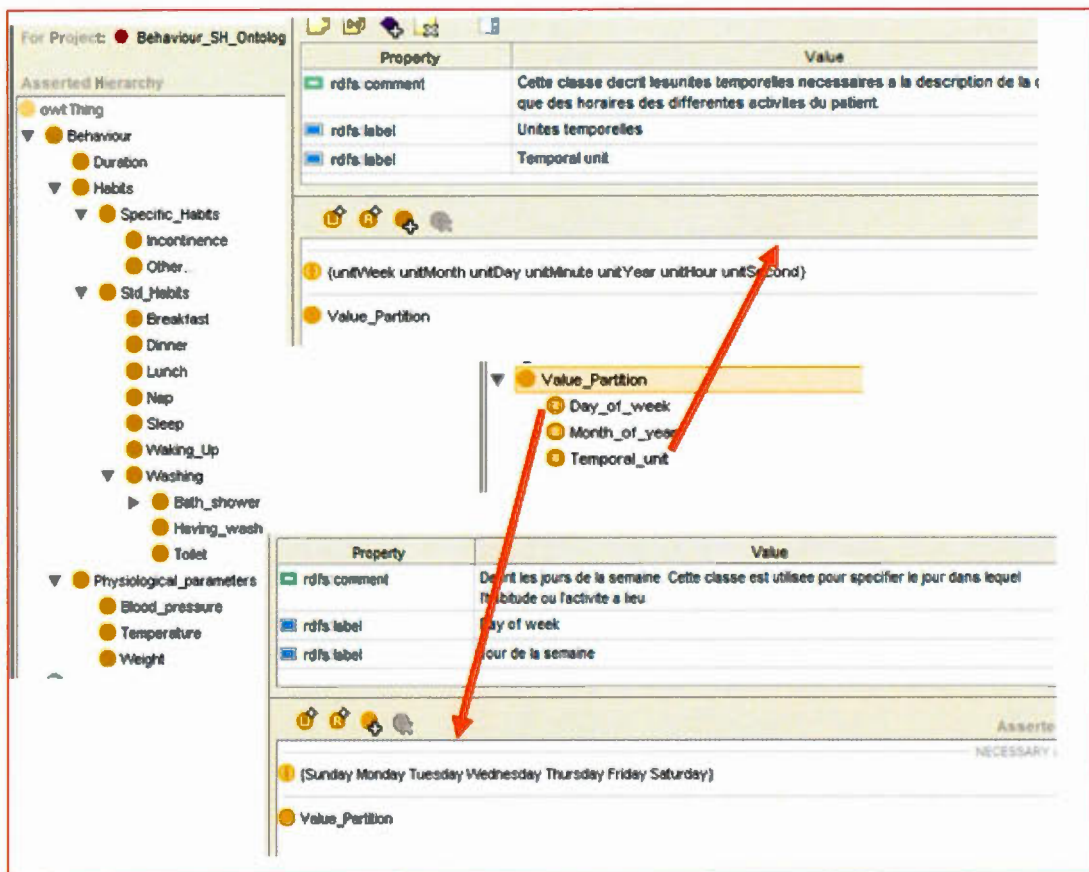


Figure 6.4 Structure de l'ontologie du Comportement

6.4 Conclusion

Nous avons présenté un résumé des deux ontologies correspondant à la personne (acteur et patient) ainsi que celle du comportement de l'occupant de l'habitat. Ces deux ontologies constituent le noyau du système car, ce sont le patient et son comportement qui détermineront (indirectement) le degré de l'intelligence du système. Le troisième aspect, décrit ci-après consiste en l'aspect décisionnel du système HIT.

CHAPITRE VII

ASPECT DECISIONNEL

L'aspect décisionnel correspond à la description des quatre ontologies qui permettront de guider le système ainsi que ses gestionnaires dans la prise de décision, celle la plus adéquate possible. Il s'agit de l'ontologie de la tâche, celle des applications logicielles, celle de la décision ainsi que celle des événements.

7.1 Ontologie de la tâche

Ci-après le résumé de notre participation aux premières journées francophones sur les ontologies, organisées en Tunisie en 2007.

Résumé

Le rôle de l'ontologie de la tâche dans un Habitat Intelligent en Télé-Santé
Fatiha Latfi* — **Bernard Lefebvre*** — **Céline Descheneaux **** (Latfi et al., 2007c)

L'utilisation des ontologies pour la modélisation de la connaissance ne cesse de croître, depuis que la communauté du W3C en a fait la plaque tournante pour la sémantisation du Web. Dans ce papier, nous présentons l'ontologie de la tâche et son rôle au sein de l'architecture ontologique que nous proposons pour la modélisation du système d'Habitat Intelligent en Télé-santé (HIT). L'objectif du HIT est d'offrir un système adaptatif permettant de prolonger le maintien au domicile d'une personne vieillissante en perte d'autonomie cognitive. Son

efficacité repose sur l'implication de l'acteur humain, assisté par l'acteur artificiel et consiste en un suivi du comportement de la personne. Celui-ci dépend du profil initialement défini de la personne, de l'évolution de son état de santé et de toutes les activités susceptibles d'être accomplies au sein de l'habitat et qui sont caractérisées par l'ontologie de la tâche.

7.1.1 Introduction

L'objectif principal de cette ontologie, présentée en détail dans (Latfi et al., 2007c), est de décrire les différentes tâches susceptibles d'être exécutées par le patient au sein de l'habitat. Cependant, elle ne se limite pas seulement à cet aspect. En effet, l'ontologie de la tâche sert aussi à décrire celles de l'acteur et celles du système lui-même.

La définition qui inspire notre conception de l'ontologie de la tâche dans le cadre du HIT est celle qu'on trouve dans le Petit Robert, où une tâche correspond à « *un travail précis qu'on doit exécuter.* » Cette description des tâches accomplies ou à accomplir par chacune des parties impliquées dans le système du HIT, permet d'accroître l'efficacité du suivi du comportement du patient. Elle permet aussi une bonne interaction entre les différentes ressources du système. En effet, les tâches spécifiques aux acteurs sont définies en fonction de leurs rôles et de leurs liens envers le patient. Cela détermine aussi le lieu de l'exécution de la tâche (à l'intérieur de l'habitat ou à distance). L'exemple le plus simple étant celui du médecin traitant du patient, dont le rôle est d'assurer le suivi médical de ce dernier. Deux possibilités lui sont offertes. Une visite de routine en personne (à domicile) et un suivi à distance via le réseau. Dans ce dernier cas, des informations concernant l'état de santé du patient lui sont proposées par l'interface du système, car disponibles à travers la composante du système qui a la responsabilité de conserver et d'organiser ce type de données et aussi parce que le médecin en a besoin pour assumer sa tâche de suivi médical.

7.1.2 Ontologie de la Tâche

Pour mieux permettre de savoir qui fait quoi, nous avons procédé à une distinction très simple au niveau du type de tâche, selon qu'elle est accomplie par l'humain ou par l'agent artificiel (le système).

1. La classe « Tâche_Humain (*Human_task*) » elle-même se décompose en deux sous-classes qui définissent le type de tâche selon qu'elle est exécutée par le patient : « Tâche_Patient (*Patient_task*) » ou par l'acteur : « Tâche_Acteur (*Actor_task*) ».

- La « Tâche_Patient (*Patient_task*) » est la classe permettant de décrire les tâches pouvant être excusées par le patient à l'intérieur de l'habitat. Comme nous le verrons dans la Figure 7.1, la liste des tâches du patient ne concerne pas seulement celles qu'il est censé exécuter de manière routinière. Cette liste englobe aussi quelques spécificités sous forme d'agissements occasionnels. Cela permet de renforcer la précision du suivi du patient entre autres. Il est à noter cependant que même si l'équipement installé dans l'habitat peut le permettre, des considérations éthiques concernant la vie privée des personnes, limitent la prise en compte de tels gestes.

- La « Tâche_Acteur (*Actor_task*) » est la classe qui permet de spécifier les tâches dont l'acteur est responsable. Le nombre ainsi que les types de tâches définies à ce niveau dépendent du nombre de personnes impliquées dans la gestion du système et aussi de la nature de leurs rôles.

2. La classe « Tâche_Système (*System_task*) », décrit toutes les tâches devant être exécutées à distance par le système lui-même. Comme l'objectif du système est d'être un assistant cognitif pour le patient, ces tâches sont la télé-surveillance (*Monitoring_task*), la télé-assistance à la tâche (*Assisting_task*), et le télé-conseil (*Advising_task*).

- La « télé-surveillance (*Monitoring_task*) » : le rôle de la télé-surveillance consiste à transmettre un ensemble de données représentant différents types de paramètres et provenant de capteurs installés dans le logement ou portés par le patient, à l'unité responsable du traitement de ces données en vue d'un usage approprié. Cette classe définit donc les différentes tâches qui permettent au système d'observer le patient à distance, permettant de ce fait une évaluation continue de son évolution quotidienne dans son environnement.

- La « télé-assistance (*Assisting_task*) » : comme nous l'avons déjà mentionné, la télé-surveillance permet d'établir et maintenir le profil physiologique et comportemental du patient. Cela permet par conséquent de détecter les situations nécessitant une assistance, dont le type et la portée sont définis par la « Tâche télé-assistance ». Comme exemple, on peut citer le cas où le patient oublie de fermer le robinet suite à un trouble d'attention. Le système dans ce cas peut déterminer les actions à entreprendre pour le faire réagir, via une interface usager adaptée. Il faut noter évidemment que ces deux classes sont inter-reliées.

- La « Tâche télé-conseil (*Advising_task*) » : cette classe permet de décrire toutes les tâches qui ont pour but d'aider le patient à surmonter d'éventuels « obstacles ». Si par exemple, le patient aux prises avec la maladie d'Alzheimer, développe de mauvaises habitudes alimentaires ainsi qu'un déclin progressif de l'hygiène personnelle (Descheneaux et al., 2007), le système peut agir à titre de conseiller sur les heures de repas et celles de l'hygiène.

La figure suivante résume de façon très brève les trois types de tâches.

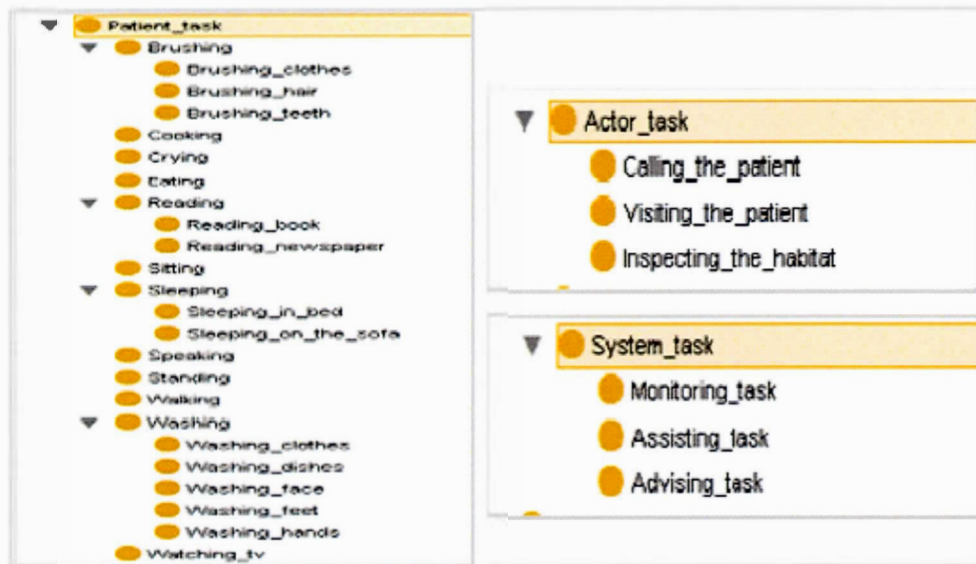


Figure 7.1 Ontologie de la tâche : quelques classes

7.1.2.1 Paramètres à prendre en considération

Un ensemble de paramètres est à prendre en considération dans la description d'une tâche. Il s'agit de l'heure où la tâche est censée être exécutée, sa durée, le lieu de son exécution ainsi que l'équipement utilisé. Ces paramètres sont particulièrement importants dans le cas d'une tâche incombant au patient. Des restrictions sont aussi définies sur certains paramètres. Certaines d'entre elles impliquent d'autres ontologies (un équipement utilisé pendant l'exécution d'une tâche, doit exister ou sa localisation doit être dans l'habitat). Dans la description des différentes tâches, particulièrement en ce qui concerne celles du patient, il importe de distinguer une tâche de routine d'une tâche occasionnelle. Cela permet de mieux évaluer le type ainsi que le degré de risques encourus par le patient. Cela est défini sous forme de classes qui ne font pas partie de l'ontologie à proprement parler. Il s'agit en fait de ce

que nous avons déjà mentionné plus haut dans le document, les patrons de conception (*design pattern*) (Rector, 2005). La Figure 7.2 en donne un petit aperçu.

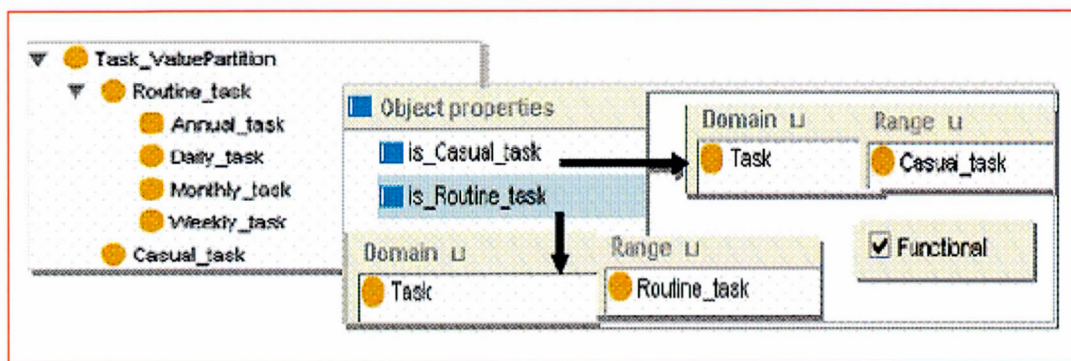


Figure 7.2 Distinction tâche de routine - tâche occasionnelle

7.1.2.2 Rôle de l'ontologie de la tâche et son utilisation

L'objectif de l'ontologie de la tâche est d'accroître l'efficacité du suivi du comportement du patient. Les composantes du système qui participent à ce suivi utilisent donc l'ontologie de la tâche et son instanciation à diverses fins dont celles de l'initialisation et de l'assistance. Parmi ces composantes, les réseaux bayésiens sont utilisés pour la reconnaissance de l'activité que le patient est censé exécuter à un moment donné (Descheneaux et al., 2007). L'initialisation de tels réseaux se fait suite à l'instanciation de certaines ontologies⁸².

L'ontologie de la tâche permet aussi une bonne interaction entre les différentes ressources du système. En effet, la description des tâches de toutes les parties impliquées dans la gestion du système d'HIT permet la détection et la gestion

⁸² Nous verrons cela dans la partie consacrée à l'instanciation des ontologies ainsi qu'aux réseaux bayésiens.

d'incidents, notamment ceux qui peuvent survenir lors de la réalisation d'une tâche par un patient. Cela permet de faire appel à la ressource appropriée et susciter par exemple une assistance à la tâche ou un déclenchement d'alarme.

7.2 Ontologie des applications logicielles

Cette ontologie a un double objectif. D'abord, il s'agit de décrire les applications dont le système dispose pour assurer son bon fonctionnement. Cet aspect est décrit par la classe intitulée applications locales (*local_applications*) et qui correspondent à toutes les applications logicielles développées ou susceptibles d'être développées dans le domaine des HITs, au niveau du GDAC (UQAM)⁸³. L'autre objectif est de faire un recensement des différentes applications dans le domaine des HITs à l'échelle internationale. Le but de cette description est de permettre à la communauté scientifique intéressée d'être au courant des réalisations des pairs. Cela devrait permettre une meilleure communication et une optimisation de la collaboration au niveau de la recherche.

L'ontologie des applications logicielles joue un rôle très important dans la mesure où elle peut dans le cas idéal servir d'entraîneur (distributeur de rôles) et d'arbitre (gestionnaire de conflits) entre les différents volets du système. En effet, elle fait le lien entre le niveau (la couche) représentationnel, lequel est constitué des ontologies et des réseaux bayésiens, et le niveau applicatif (traitements et interfaces usagers). L'image suivante résume ce qui précède.

⁸³ <http://www.gdst.uqam.ca/Documents/Ontologies/HIT/>

owl-ontologies.com/Software_Applications_SH_Ontology.owl	
	Value
This ontology is used to describe all the software applications developed or likely to be developed in the field of HITs, on the level of the GDAC (UQAM) and on a worldwide scale. http://www.gdst.uqam.ca/Documents/Ontologies/HIT/	e
Cette ontologie sert à décrire toutes les applications logicielles développées ou susceptibles d'être développées dans le domaine des HITs, au niveau du GDAC (UQAM) et à l'échelle mondiale.	fr
Ontologie des Applications Logicielles du HIT	fr
Software Applications TSH Ontology	e

Figure 7.3 Description avec Protégé2000_OWL

1. L'ontologie des applications logicielles se décompose en deux classes principales (Figure 7.4). Celle des « applications internationales (*TSH_World_Community_Application*) », qui sert à décrire toutes les applications logicielles développées ou susceptibles d'être développées dans le domaine des HITs, à l'échelle mondiale. Elle sera détaillée en fonction des différents aspects concernés par les HITs. L'autre classe correspond aux « applications locales (*TSH_GDAC_Application*) », comme son titre l'indique, elle décrit toutes les applications locales (GDAC). Elle est concernée par l'aspect représentationnel (Ontologies et Réseaux bayésiens) ainsi que l'aspect logiciel (Application).

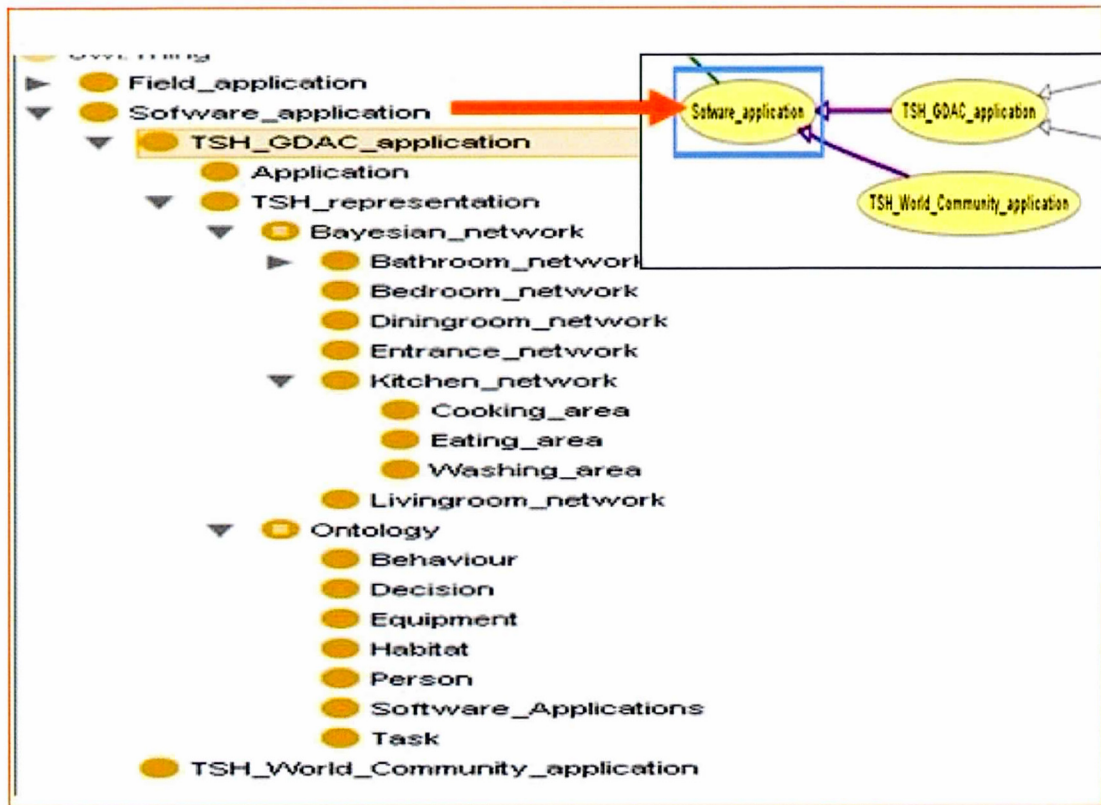


Figure 7.4 Classe Software_application

La classe « *TSH_representation* » sert à décrire l'aspect représentatif du HIT et se décompose elle-même en deux sous classes : celle des ontologies (*Ontology*) et celle des réseaux bayésiens (*Bayesian_Network*). La classe « Ontologie (*Ontology*) » fait référence aux ontologies composant l'architecture ontologique du système du HIT. Celle des « réseaux bayésiens (*Bayesian_network*) » quant à elle, décrit les différents réseaux bayésiens spécialisés utilisés ou pouvant être utilisés dans l'habitat, pour la reconnaissance des activités dans un premier temps. Une autre représentation graphique est donnée par la Figure 7.5.

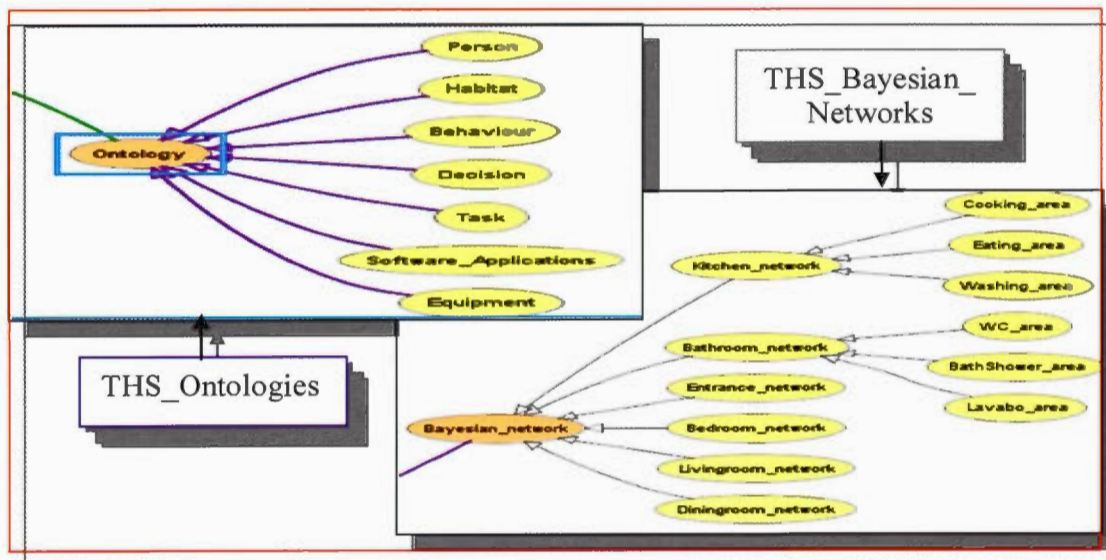


Figure 7.5 Partie Représentation

Une autre composante de l'ontologie étant celle de type particulier correspondant aux patrons de conception (*ValuePartition*) qui consiste en un ensemble de classes décrivant des propriétés pour lesquelles, un ensemble restreint et *exhaustif* de valeurs doit être défini.

2. La Figure 7.6 donne un aperçu des trois sous-classes que sont « champ d'application (*Field_application*) », « *Type_application* » et « *Local_International* ».

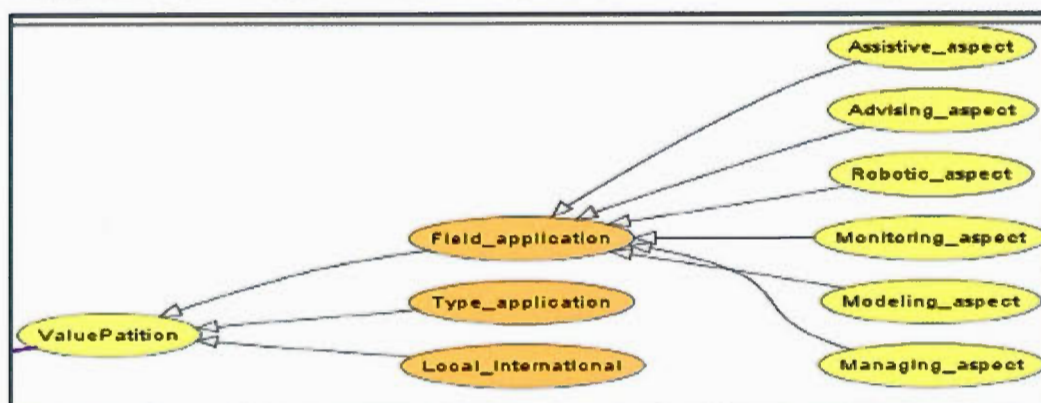


Figure 7.6 ValuePartition

- « *Field_application* » permet de décrire les différents champs de base de l'application. Six champs d'application sont définis pour cette classe qui sont :

- « *Advising_aspect* » qui correspond à l'aspect de conseil du projet.
- « *Assistive_aspect* », correspondant à l'aspect assistance du projet,
- « *Managing_aspect* » qui permet de décrire tous les aspects concernant la gestion du HIT, entre autres, on peut citer la détection des événements dans l'habitat,
- « *Modeling_aspect* », correspondant à l'aspect de modélisation,
- « *Monitoring_aspect* », correspond à l'aspect de télé-surveillance et,
- « *Robotic_aspect* » qui correspond à l'aspect robotique du projet.

Chacune de ces classes sera reliée à toutes les applications faisant partie du champ d'application correspondant.

- « *Type_application* » permet de décrire les différents types de base de l'application. Elle est définie comme une énumération et a deux instances : « application système (*System_application*) » et « application interface usager (*UserInterface_application*) ».

- « *Local_International* » qui permet de décrire la provenance de l'application. Elle est définie comme une énumération et a deux instances : « Locale (*Local*) » et « International ».

Pour conclure, un ensemble de propriétés objet et propriétés de type de données sont définies dans le cadre de cette ontologie. La Figure 7.7 en donne un petit résumé alors que le Tableau 7.1 en donne une brève description et, la Figure 7.8 donne un exemple de son instanciation.

Object properties	Datatype Properties
isLocal_International	updatedBy
isUsedBy ↔ uses	team_laboratory
uses ↔ isUsedBy	author
hasField_application	team_country
hasType_application	createdBy

Figure 7.7 Propriétés et attributs des applications logicielles

Tableau 7.1 Description des propriétés des applications logicielles

Propriété	Description
isLocal_International	spécifie s'il s'agit d'une application locale (développée par GDAC) ou autre (internationale).
Uses	permet de faire le lien entre les ontologies et/ou réseaux bayésiens et les applications logicielles développées ou susceptibles d'être développées, qui les utilisent.
isUsedBy	permet de faire le lien entre les applications logicielles développées ou susceptibles d'être développées, et les ontologies et/ou réseaux bayésiens qu'elles utilisent.
hasField_application	permet de faire le lien entre les applications logicielles développées ou susceptibles d'être développées, et leur champ d'application.
hasType_application	permet de spécifier s'il s'agit d'une application système ou d'une application d'interface usager.

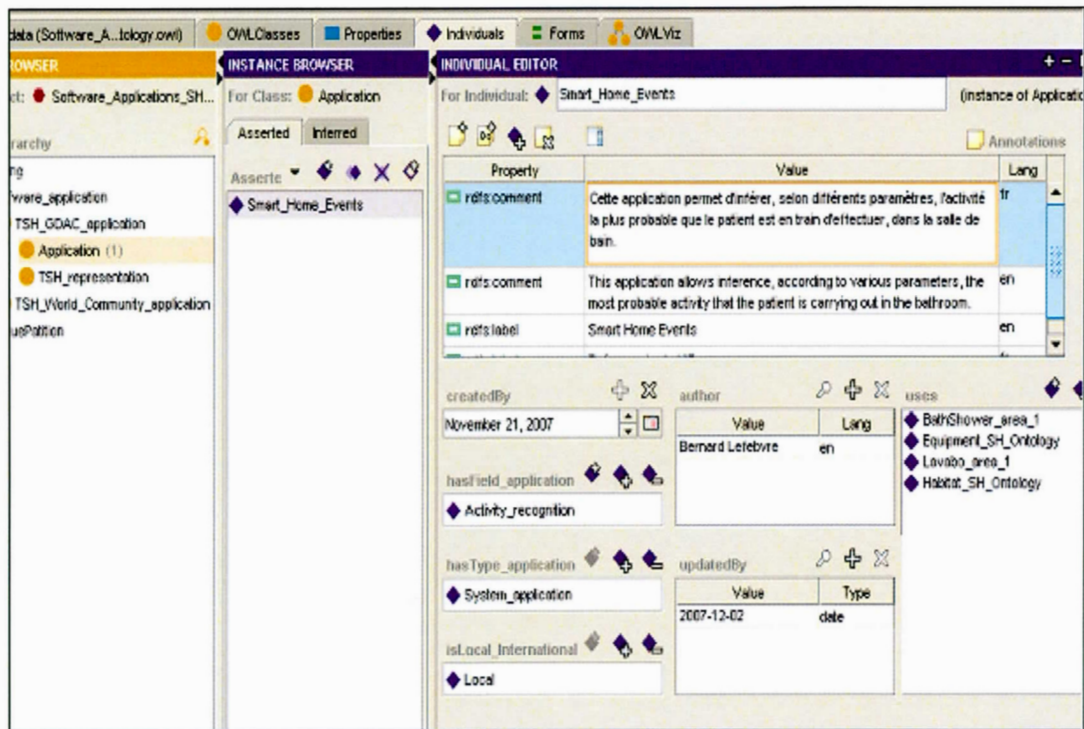


Figure 7.8 Exemple d'instanciation des applications

7.3 Ontologie de la décision

L'ontologie de la décision est celle qui représente la dimension décisive du système. Elle décrit en effet, les actions que les intervenants sont amenés à entreprendre suite à l'observation du comportement du patient. Son contenu dépend de celui de l'ontologie du comportement, laquelle à son tour est alimentée en partie par celle de la tâche et celle des événements. Nous avons défini deux types de décisions. Dans le premier cas, il s'agit de décision préventive et dans l'autre cas, il s'agit de décision prédictive. La structure de cette ontologie diffère de celle des autres ontologies dans

la mesure où elle est développée à l'aide du langage SWRL⁸⁴. Ce dernier, dont les lettres correspondent au « Semantic Web Rule Language », est un langage à base de règles, destiné au Web sémantique. Sa syntaxe est basée sur le langage OWL, d'où l'utilisation des termes de ce dernier pour la définition de telles règles (O'Connor, 2006). Une règle SWRL dont la syntaxe est constituée d'un « antécédent » et une « conséquence », signifie que lorsque le premier est vrai, la seconde l'est aussi⁸⁵.

L'objectif de l'ontologie de la décision est de permettre au système une gestion efficace des incidents potentiels au sein de l'habitat. Comme son nom l'indique, il s'agit de définir les types de décisions possibles et de ce fait, l'utilisation d'un langage à base de règles nous semble la meilleure option.

7.4 Ontologie des événements

L'ontologie des événements décrit le concept « *Event* ». Elle est liée à l'ontologie des équipements et plus particulièrement aux capteurs. Un événement se produit à un moment donné lorsqu'un de ceux-ci change d'état en principe suite à l'action d'un occupant de l'habitat. Une instance du concept « *Event* » est ainsi caractérisée par le nouvel état d'un capteur et le moment auquel ce changement s'est produit.

L'équipement installé dans l'habitat, ainsi que celui porté par le patient joue un rôle important dans le suivi du patient dans son environnement. En effet, dans l'habitat, le patient est appelé à évoluer « normalement », et à réaliser un ensemble d'activités, lesquelles peuvent être inférées par le biais d'événements pertinents. Ces activités

⁸⁴ SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL. www.w3.org/Submission/SWRL/

⁸⁵ (Ibid.)

participent à leur tour à la définition du profil comportemental. Ces concepts sont définis, entre autres dans l'ontologie de la tâche (Latfi et al., 2007c).

7.5 Conclusion

Ce chapitre conclut l'aspect descriptif de notre travail. Nous y avons passé en revue les huit ontologies constituant notre architecture ontologique. La section suivante mettra en relief l'aspect applicatif dont la première étape est celle de l'utilisation de ces ontologies, à savoir leur instanciation ainsi que celle des réseaux bayésiens. Ces derniers constituent un outil clé dans le module de l'apprentissage des habitudes de vie du patient. La deuxième (dernière et non la moindre) sert à décrire le prototype développé en guise de validation de notre approche.

PARTIE II - SECTION II

UTILISATION DES ONTOLOGIES DE L'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉ-SANTÉ

Dans cette section, nous exposons d'abord l'objectif que nous nous sommes donné au début de notre recherche et qui correspond à la construction d'une plate-forme intelligente complète. En deuxième lieu, nous expliquons en quoi consiste l'utilisation des ontologies pour finalement montrer la mise en application de notre modèle.

CHAPITRE VIII

SYSTÈME D'HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉSANTÉ – INTERFACES USAGERS

8.1 Introduction

La Figure 8.1 est la représentation de l'architecture de la plate-forme que nous avons proposée comme objectif lors de la présentation de notre projet de recherche.

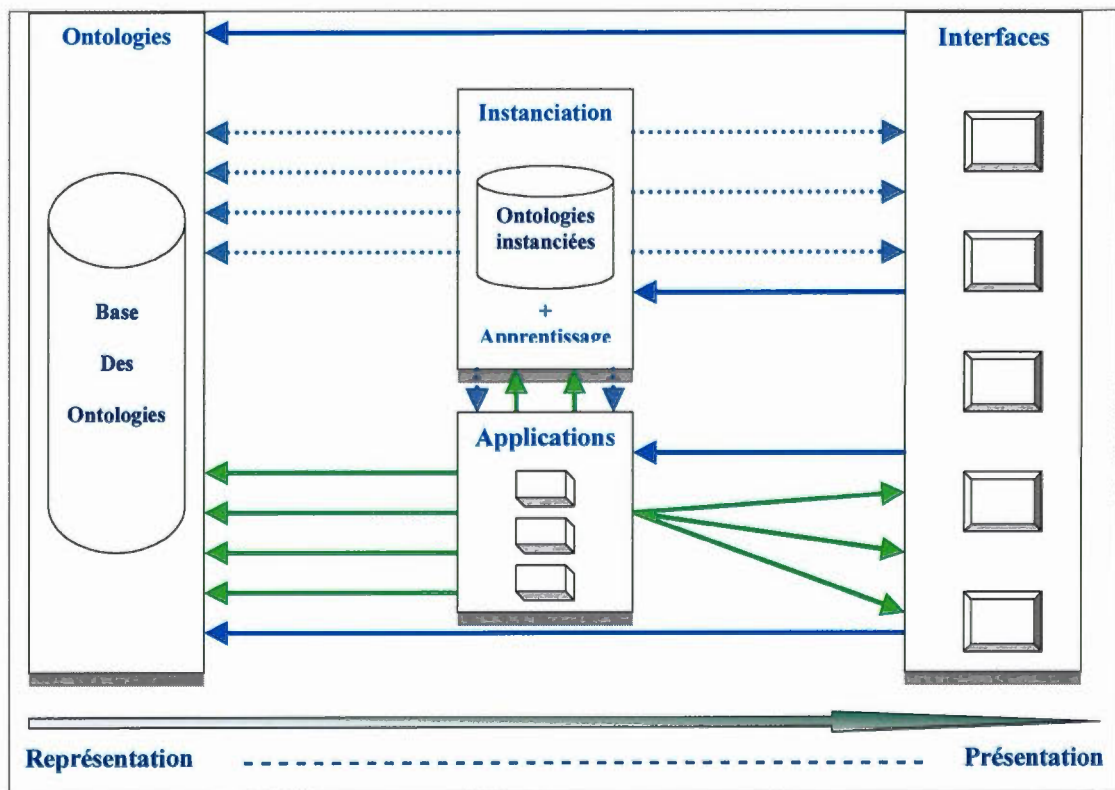


Figure 8.1 Architecture de la Plate-forme du système HIT

Comme on peut le constater, la plate-forme consiste en trois couches.

La couche de base étant le modèle ontologique, que nous avons détaillé dans la section précédente. Elle concerne la création et la manipulation des ontologies. Vient ensuite la couche d'instanciation, qui se charge de la mise en application de la première couche en fonction des particularités de chaque habitat, patient, etc. Elle mettra aussi en application le processus de l'apprentissage du comportement du patient. Cette partie est détaillée dans la suite du document. Finalement, la couche des applications (elle-même modulaire), qui s'occupe de la gestion des différents modules, des différentes couches. L'accès à la plate-forme se fait à travers les interfaces usagers, qui font l'objet de ce chapitre.

8.2 La couche applications

La couche applications joue un rôle très important dans la plate-forme dans la mesure où c'est elle qui permet de traduire la couche de représentation en résultats escomptés.

8.2.1 La couche interfaces-usagers

L'habitat intelligent doit être conçu de manière à répondre non seulement aux besoins spécifiques en sécurité d'une personne en perte d'autonomie cognitive, mais aussi aux normes standards d'un habitat traditionnel, à savoir : chaleur et harmonie domestique (Vercauteren, 2001).

Le système d'habitat intelligent, qui doit dans le cas normal contribuer à la « réalisation des deux aspects de l'autonomie personnelle » (Vercauteren, 2001) que sont le fait de pouvoir communiquer avec les autres et aussi de pouvoir contrôler son milieu de vie, doit sûrement se caractériser dans le cas d'une personne en perte d'autonomie cognitive, par ces deux fonctionnalités, mais à un niveau tel qu'il permettra une communication et un contrôle à plusieurs niveaux.

En effet, la communication joue un rôle crucial et concerne trois volets qui sont la communication Personne-Système, Système-Système et Système-Personne. Le contrôle joue aussi un rôle très important et se situe à plusieurs niveaux tels le contrôle de l'habitat par le patient, le contrôle conjoint par le patient et le système, qui interviendra dans ce cas pour compléter le rôle (action) du patient (ex. ce dernier oublie de fermer le four de la cuisinière après une durée donnée définie comme temps normal de cuisson pour un type donné de viande, le système prend le contrôle de la cuisinière et assure ainsi la relève au patient). Finalement, le système devra prendre « entièrement » le contrôle de l'habitat si le patient se trouve dans une situation critique. Prendre entièrement le contrôle veut tout simplement dire intervenir de façon appropriée afin de permettre aux différents acteurs d'agir pour le mieux-être du patient. Pour ce faire, la définition de contraintes strictes pour le respect de la personne et de sa vie privée s'impose. Il est très simple de voir dans ce cas qu'il s'agit du rôle intelligent que doivent jouer les interfaces usagers du système. Ci-après, nous donnons globalement une description des différents types d'usagers.

8.2.2 Types d'usagers

L'administrateur du système. Cet utilisateur a pour rôle de gérer tous les aspects du système dont celui de la conception de l'interface, même si ce rôle est beaucoup plus

important lors du démarrage du système, il n'en demeure pas moins que l'aspect évolutif de la technologie en général et des techniques de visualisation en particulier, en justifie l'existence. La deuxième fonction consiste en l'administration informatique et technique du système. Cela revient entre autres, à l'administration des comptes utilisateurs, de la sécurité du système, etc.

Le surveillant est l'utilisateur le plus important de par son rôle qui consiste à veiller à la sécurité du patient. L'interface offre à l'utilisateur dans ce cas plusieurs fonctionnalités comme la possibilité d'avoir à la demande, le profil du Patient, le compte rendu des activités et des paramètres physiologiques du patient pour une période donnée, le suivi des alertes, l'aiguillage des appels pour intervenant le cas échéant. Ceci se fait par le biais de la télé surveillance.

L'agent médical. L'agent médical est le type d'utilisateur qui englobe tous ceux qui sont appelés à prodiguer des soins médicaux ou paramédicaux. Dans cette catégorie, on retrouve principalement le médecin (généraliste ou spécialiste), l'assistant médical et l'intervenant social. L'utilisateur dans ce cas de figure, peut utiliser une interface pour consulter le dossier d'un patient si l'état de celui-ci le préoccupe. Il peut aussi le faire suite à la demande de l'administrateur du système.

L'expert. L'expert est la personne responsable de la bonne définition ainsi que la mise à jour du système. Cependant, comme l'indique le proverbe "*personne n'est indispensable*", il se peut que la personne qui sera amenée à mettre à jour le "système", ne soit pas celle qui l'a défini donc, l'interface devra être très simple à comprendre en plus d'offrir les fonctionnalités nécessaires à la création, la mise à jour et la visualisation des ontologies, entre autres.

Le patient. L'interface dédiée au patient (qu'on nommera interface_patient) est la composante la plus importante, mais aussi la plus délicate à mettre en œuvre. En

effet, comme chaque personne a son propre parcours dans la vie, la notion d'interface adaptative (ou adaptable) trouve largement sa place.

La construction de l'interface_patient est basée sur l'approche individuelle (Crow et Smith, 1993) qui stipule l'adaptation de l'interface aux besoins de l'utilisateur en fonction de l'observation de son comportement.

L'interface_patient doit prendre en considération non seulement ses capacités cognitives limitées, ainsi que son manque de concentration, mais aussi le fait qu'il puisse être complètement désintéressé de la technologie et de son évolution. Ajouter à cela, le fait que le patient puisse avoir une ou plusieurs déficiences physiques, comme une incapacité visuelle ou auditive, totale ou partielle par exemple, ce qui limiterait son accès au système. Ainsi, dans le cas d'une personne atteinte de l'Alzheimer, l'interface a besoin non seulement d'être simple à utiliser grâce à une définition claire des différents éléments fonctionnels, mais elle doit user de moyens permettant d'attirer son attention, comme des sons musicaux en fonction de ses préférences, des couleurs d'écran, etc. En un mot, l'utilité de cette interface est d'apporter une aide et un secours au patient. Son utilisabilité réside dans le fait qu'elle soit assez facile et assez attrayante pour amener le patient à s'y intéresser. D'où l'importance de la visualisation que nous avons déjà vue au niveau des défis que rencontre le système du HIT.

Les différentes fonctionnalités de l'interface_patient concernent l'appel à l'aide et l'assistance à la tâche. L'exemple le plus simple est le fait d'inciter le patient à se diriger vers la salle de bain dans le cas où la personne poserait des gestes démontrant de son envie d'aller aux toilettes sans s'en rendre compte.

Ceci étant dit, la visualisation de l'information au niveau de cette interface reste l'élément clé dans son efficacité à susciter l'intérêt du patient. Pour ce faire,

l'utilisation de la métaphore visuelle (Bonhomme et al., 2000) est d'une grande utilité. Ceci peut être illustré par les deux exemples suivants :

1. Le premier exemple concerne l'aspect visuel de l'interface. D'abord, pour ne pas induire le patient en erreur, l'interface ne doit pas être surchargée de boutons et d'icônes inutiles. Ainsi, on suppose que le patient est habitué à prendre ses médicaments après avoir pris son repas du midi à une plage horaire plus ou moins régulière de l'après midi (14h00-14h30 par exemple). Si à 14h35, il n'a toujours pas manifesté de signe de sa conscience du fait qu'il a des médicaments à prendre, l'interface peut le lui faire rappeler en faisant clignoter une image représentant une personne soignante avec un grand sourire, en train de présenter un verre d'eau et des comprimés, à un malade par exemple. Une autre solution serait de faire défiler un message en grosses lettres (dans une couleur préférée du patient) qui lui rappelle qu'il est l'heure de prendre soin de lui-même et donc de prendre ses médicaments.

2. L'autre exemple met en pratique l'aspect sonore de l'interface. Si après un délai raisonnable, le patient ne s'est toujours pas rendu compte de la nécessité de prendre ses médicaments après un certain délai supposé normal, l'interface peut émettre un message sonore adapté à l'usager. Après plusieurs tentatives (selon le paramétrage du système), si le patient est toujours "inconscient" de ce qu'il a à faire, l'interface fait appel au module de gestion des incidents.

L'interface peut procéder par effets visuels et sonores en même temps, pour augmenter l'effet escompté. L'adaptation de l'intervention (effets visuels, sonores ou les deux) se fera en fonction du profil du patient obtenu par l'instanciation de l'ontologie correspondante. La Figure 8.2 montre un exemple d'un message visuel adressé au patient en fonction de son profil entre autres. D'ailleurs, nous avons bien expliqué les défis que présente la visualisation de l'information pour le HIT (c.f. 2.3.2.3).



Figure 8.2 Exemple d'un message visuel adressé au patient via l'interface_patient

Il est important de convenir que l'exemple ci-dessus fonctionnerait dans le cas idéal où le patient n'éprouverait pas une grande difficulté à saisir le message véhiculé par l'interface. Or, le patient dans ce cas étant la personne atteinte de l'Alzheimer, sa perception du message dépendra de plusieurs éléments, dont principalement le stade atteint de la maladie. Un facteur très important, parmi tant d'autres à prendre en considération dans le développement de cette interface, mais surtout dans l'affirmation de son utilité.

La Figure 8.3, intitulée hiérarchie résume les différentes interfaces usagers devant composer la couche interface. La notion de hiérarchie utilisée à ce niveau est relative et concerne surtout l'aspect responsabilités de chacun des utilisateurs.

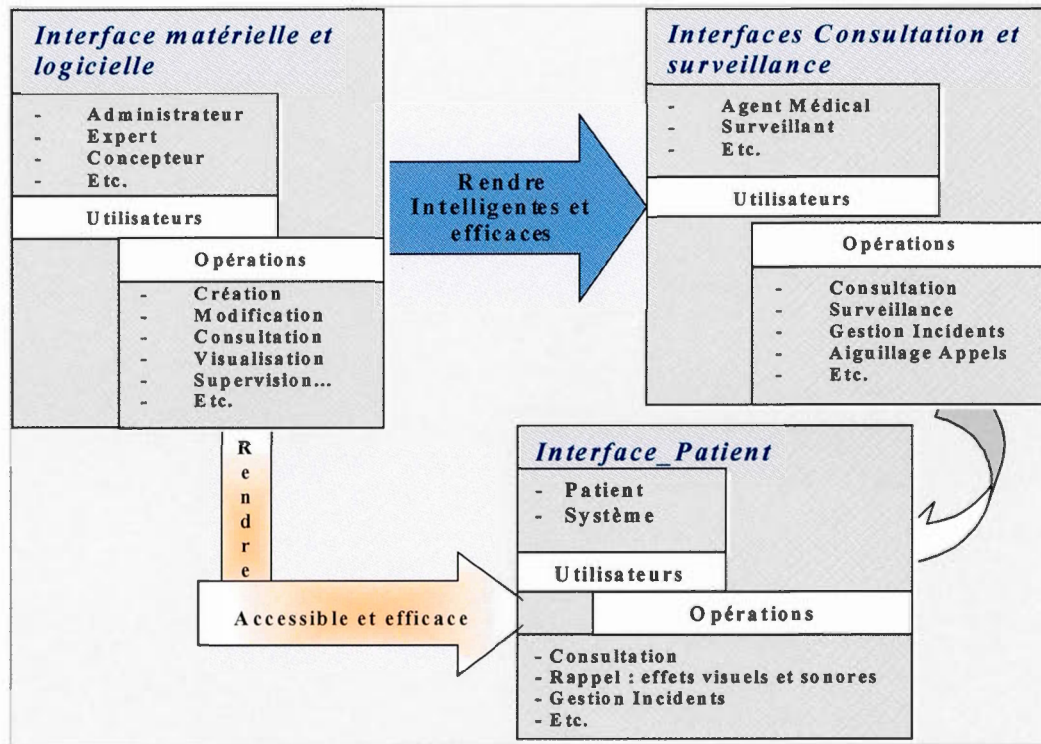


Figure 8.3 Hiérarchie des interfaces usagers

Comme nous l'avons déjà signalé, le développement d'interfaces graphiques orientées vers l'utilisateur représente un défi énorme en raison de ceux que pose la visualisation de l'information : « The user interface is a complex part of the overall system and often requires development effort comparable to building the application functionality itself. » (Sauer et al., 2006)

8.3 Conclusion

Dans le cadre de ce chapitre, nous avons présenté la couche applications et expliqué l'importance de son rôle. Celle-ci découle en fait de l'importance cruciale du rôle de la communication au sein de tout système. Aussi, nous avons expliqué l'importance

des interfaces usagers faisant partie de cette couche, face aux trois volets de communication, personne-système, système-système et finalement système-personne. Nous avons aussi présenté les différents types d'usagers de ces interfaces, à savoir : l'administrateur du système, le surveillant, l'agent médical, l'expert et le patient. Ces différents types d'usagers, combinés aux trois volets de la communication, composent ce que nous avons appelé la hiérarchies des interfaces usagers, dont les trois types suivants : l'interface matérielle et logicielle, celle du patient et celles de consultation et surveillance. Chacune de ces interfaces implique un certain nombre d'utilisateurs ainsi que différentes opérations ou actions pouvant être exécutées par eux.

Ceci étant dit, l'étape intermédiaire permettant de passer de la couche ontologique (ou de représentation) à celle des interfaces (présentation) est celle de leur initialisation et utilisation. Ce sera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE IX

INSTANCIATION DES ONTOLOGIES, INITIALISATION DES RÉSEAUX BAYÉSIENS ET RECONNAISSANCE ET APPRENTISSAGE DES ACTIVITÉS COURANTES

9.1 Introduction

L'utilisation des ontologies se fait par le biais de leur instanciation. L'instanciation permet en effet de faire le lien entre les différentes ontologies et les applications logicielles et permet de configurer le système dans un premier temps. Cette instanciation permet l'initialisation d'abord des ontologies de l'*habitat* et de la *personne*. Pour un habitat donné, les assertions de cette ontologie permettent de définir ses composantes en termes de pièces, mobilier et équipements. Une première configuration d'équipement est définie en fonction de la présence ou non d'un capteur. La présence ou non d'un capteur concerne aussi le patient pour qui, son état de santé ainsi que son comportement vont être instanciés par le biais de l'ontologie du « Comportement (*Behaviour*) », ainsi que des deux classes « *Patient* » et « Historique médical (*MedicalHistory*) » de la classe « Personne et son historique médical *PersonAndMedicalHistory* ». L'instanciation de la classe « Acteur (*Actor*) » permet aussi de préciser quelles personnes seront en charge et de « l'*Habitat* » et du soutien au « *Patient* ». En d'autres termes et entre autres, cela inclut les intervenants médicaux et sociaux, sans oublier ceux impliqués dans la gestion de l'habitat. Il faut noter cependant que les ontologies à elles seules ne suffisent pas à prendre en considération toutes les situations possibles. C'est en fait le rôle de l'apprentissage,

impliquant spécialement les ontologies du Comportement et celle des Décisions, mais basé sur les instanciations des différentes ontologies de base mentionnées ci-dessus.

D'autre part, les réseaux bayésiens jouent un rôle essentiel dans les phases de l'apprentissage d'où l'importance de l'étape de leur initialisation, également réalisée au moyen d'assertions ontologiques. L'objectif étant la détection des événements et l'inférence des activités réalisées dans l'habitat par le patient (Descheneaux, 2007a). Ci-après un survol donnant la définition des réseaux bayésiens, leur utilité dans le cadre de notre recherche ainsi que l'approche proposée par (Descheneaux, 2007a) dans son projet de recherche en maîtrise.

9.2 Les réseaux bayésiens

9.2.1 Définition

Un réseau bayésien, graphe orienté « *est un modèle graphique qui encode les probabilités entre les **variables les plus pertinentes*** » (Lefébure et Venturi, 1998), noté G , $G=(V,E)$, où V est l'ensemble des nœuds de G et E l'ensemble des arcs de G (Becker et Naim, 1999, p.23). Les nœuds du graphe représentent les variables. Les arcs représentent les dépendances entre les variables (relations de cause à effet), mesurées par les probabilités conditionnelles.

9.2.2 Réseaux bayésiens et HIT

Pour (Descheneaux et al., 2006), l'intelligence du système d'habitat intelligent, défini comme auto-adaptatif, est assurée non seulement par un modèle efficace de la connaissance de base mais aussi et surtout par l'actualisation de ce modèle au fur et à mesure que les besoins ainsi que l'état du patient (vieillissant et atteint de l'Alzheimer dans notre cas) évoluent. Ceci est pris en charge par l'apprentissage des habitudes de vie du patient dont dépend toute action potentielle visant à assurer sa sécurité, impliquant deux ontologies : Comportement et Décisions. L'efficacité du système signifie qu'à chaque type de comportement doit correspondre une bonne décision et donc la maintenance de l'ontologie du Comportement est cruciale. En effet, l'efficacité du système de l'HIT dépendra de sa capacité d'adaptation aux différentes situations imprévues et imprévisibles. Comme nous l'avons déjà mentionné, l'apprentissage joue un rôle primordial dans la maintenance des fondations du système HIT. Ces fondations étant le profil du patient, lequel continue d'évoluer en fonction de l'évolution de la maladie⁸⁶. L'apprentissage, rôle mis en évidence par (Latfi et al., 2006) dans la mesure où il permet au système de bien connaître le patient et de mettre à jour son profil et comportement, se fait en plusieurs étapes comme illustré par la Figure 9.1 .1. La première consiste à transformer les mouvements du patient, enregistrés par les capteurs de l'habitat, en activités. En deuxième phase, intervient le réseau bayésien dont la structure initiale est représentée par la Figure 9.2. Son rôle est de permettre de déduire, en fonction des activités effectuées, la plus probable activité en cours de déroulement, (ou celle la plus probablement en cours) en utilisant des probabilités conditionnelles calculées en fonction de différentes données fournies à la fois par les ontologies du patient, de l'habitat, de la tâche et du

⁸⁶ L'Alzheimer dans notre cas.

comportement et par différents dispositifs (capteurs) qui peuvent indiquer, entre autres, la position du patient, la pièce où il se trouve, la période de la journée, la fréquence cardiaque, ainsi qu'en fonction du degré de dépendance entre ces mêmes données. Il faut noter cependant que les dispositifs qui équipent l'habitat intelligent (capteurs, détecteurs) ne sont pas en liaison directe avec l'activité courante. Ils ne permettent donc pas d'inférer avec certitude la nature de celle-ci et puisqu'il « n'y a PAS d'absolu, nous allons chercher à savoir, dans un premier temps, quelle est l'activité qui est la PLUS PROBABLEMENT en cours » (Descheneaux, 2007a) par le biais d'une inférence bayésienne mise en œuvre dans le cadre de réseaux bayésiens.

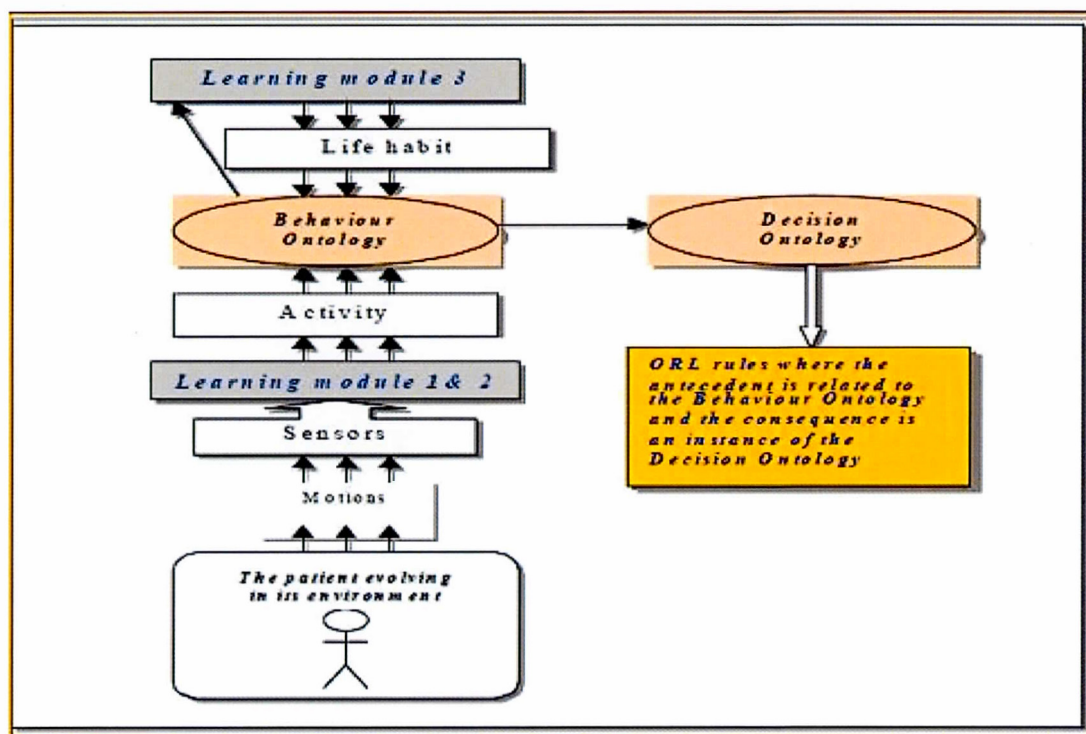


Figure 9.1 Processus d'apprentissage (Latfi et Lefebvre, 2005)

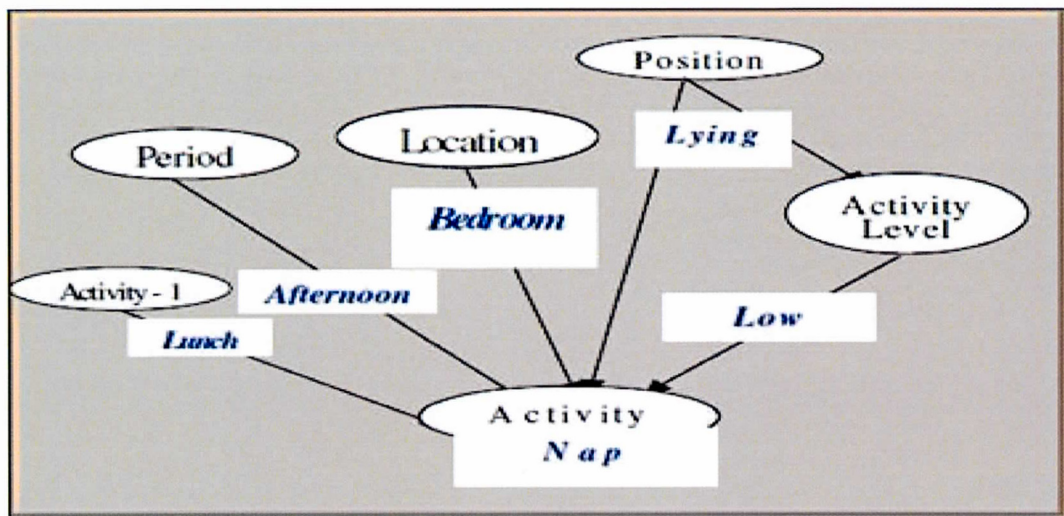


Figure 9.2 Réseau bayésien de l'Activité que le patient est probablement en train de réaliser (Latfi et Lefebvre, 2005)

Ci-après, nous présentons un résumé de l'approche proposée par (Descheneaux, 2007a) ainsi que quelques illustrations de la structure de quelques réseaux

9.2.2.1 Structure globale et configuration initiale du système de réseaux

À première vue, la structure globale du réseau pourrait tout simplement être représentée par la Figure 9.2. Selon cette structure, l'activité en cours la plus probable peut-être déduite en assumant qu'on connaît l'activité précédente, la période de la journée, la pièce où se trouve le patient, sa position ainsi que son niveau d'activité.

Or, la structure du réseau ne peut être affectée par ces seuls éléments car en réalité nous disposons d'autres dispositifs de collecte de donnée et dont le nombre ainsi que le type diffèrent d'un habitat à un autre. Selon Descheneaux (2007a),

La nature et le nombre des dispositifs en place dans l'habitat vont avoir un impact non seulement sur la structure du réseau quant à sa complexité (plus il y a de dispositifs, plus il y a de nœuds, plus il y a de liens, plus le réseau devient difficile à gérer), mais aussi sur le **degré de certitude** avec lequel on pourra affirmer qu'une activité X est bel et bien en cours.

Comme les habitats n'ont pas nécessairement le même type d'équipement, les ontologies (notamment celles de l'habitat et de l'équipement) vont être mises à contribution pour la configuration des réseaux par le biais de leur instanciation.

Descheneaux (2007a) a proposé « l'utilisation d'un système composé de plusieurs réseaux bayésiens, dont le niveau de granularité varie en fonction de leur spécialisation. » pour permettre d'avoir le profil de la personne relativement à ses habitudes de vie. Ce système est concrétisé par la Figure 9.3 où des réseaux spécialisés alimentent le réseau général⁸⁷ se trouvant au sommet de la hiérarchie. Ce réseau est dédié aux habitudes de vie générales du patient alors que ceux spécialisés ont pour mission la reconnaissance d'une activité « à l'intérieur d'une pièce en particulier », en fonction de l'interaction du patient avec son environnement. En effet, selon (Descheneaux, 2007a) :

[...] dès que l'occupant entre dans une pièce et interagit avec son environnement, le réseau sous-jacent entre en action afin de déduire ce qui se passe et envoie un certain nombre d'informations au réseau global (dont l'activité courante déduite, la durée, la période de la journée, etc.).

⁸⁷ Une réplique de celui représenté par la figure 9.3.

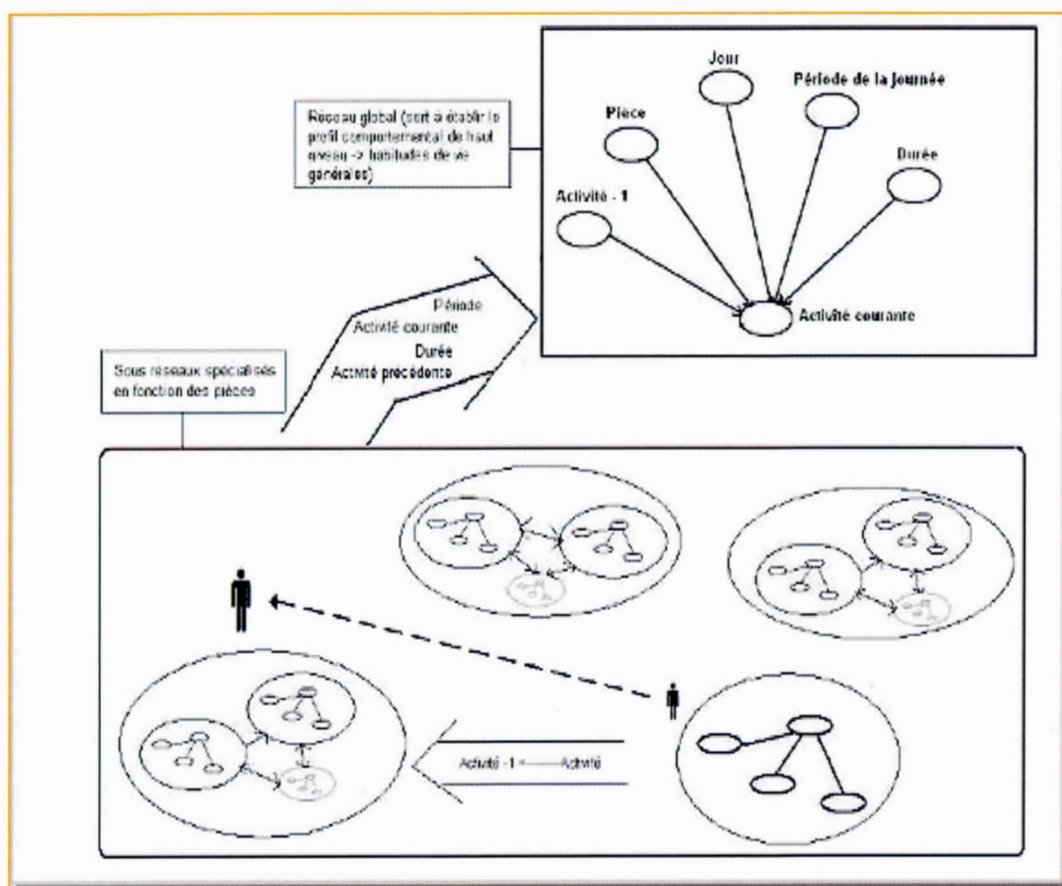


Figure 9.3 Hiérarchie des réseaux. Tiré de (Descheneaux, 2007a)

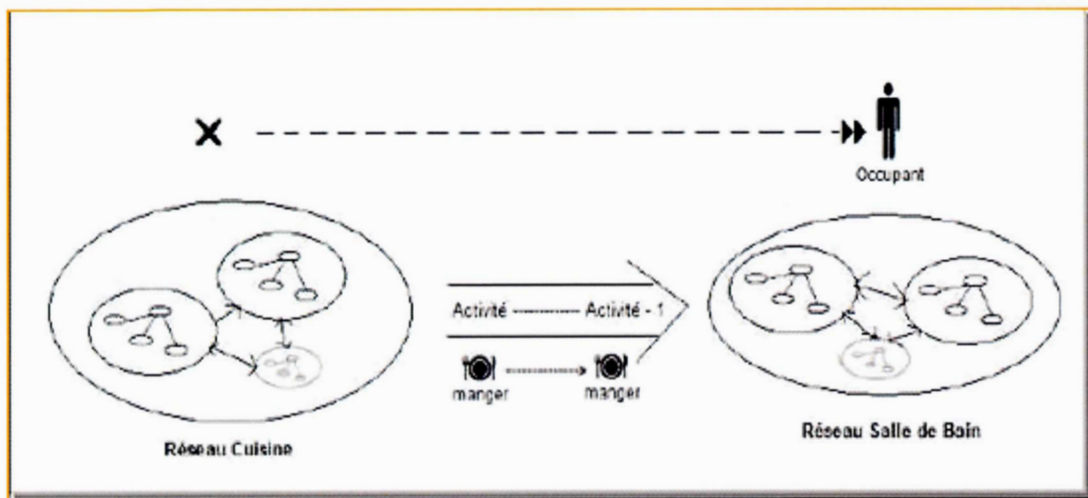


Figure 9.4 Interaction des différents réseaux (Descheneaux, 2007a)

La Figure 9.4 illustre l'exemple de l'interaction entre les deux réseaux concernés par le déplacement du patient de la cuisine vers la salle de bain. L'activité la plus probable déduite par le premier réseau (dans ce cas : Manger), devient l'activité-1 pour le deuxième réseau (salle de bain). La nature de ce dernier, dépend de la zone exacte de la salle de bain où se trouve actuellement le patient. Il prend en charge la reconnaissance de l'activité en cours.

Descheneaux (2007a) s'inspire de l'approche diagnostic médical pour construire ses réseaux bayésiens. « La raison est qu'il existe un parallèle évident entre le diagnostic médical et la reconnaissance d'activités à l'aide de différents capteurs. Les réseaux chargés de faire des diagnostics au niveau médical sont habituellement construits selon les règles de base suivantes :

- Les facteurs de risques sont au niveau supérieur (ce sont donc les nœuds *racines* du graphe)
- Les facteurs de risques sont reliés par des flèches aux maladies qu'ils influencent.

- Les maladies et autres conditions non observables constituent les nœuds intermédiaires (ce sont donc des nœuds avec des *parents* ET des *enfants*)⁸⁸.
- Les *feuilles* du graphe (nœuds sans *enfants*) représentent les symptômes observables. »

Dans la Figure 9.5 (Descheneaux, 2007a) qui donne un aperçu du sous réseau de la zone du lavabo/miroir, les nœuds correspondant à l'activité précédente (*Previous Activity*) et à la période de la journée (*TimeOfDay*) sont considérés comme des facteurs de risque. Les différents capteurs et autres dispositifs (interaction de l'occupant avec son environnement) activés correspondent aux « symptômes » visibles alors que les nœuds des activités correspondent aux « maladies » à « diagnostiquer ».

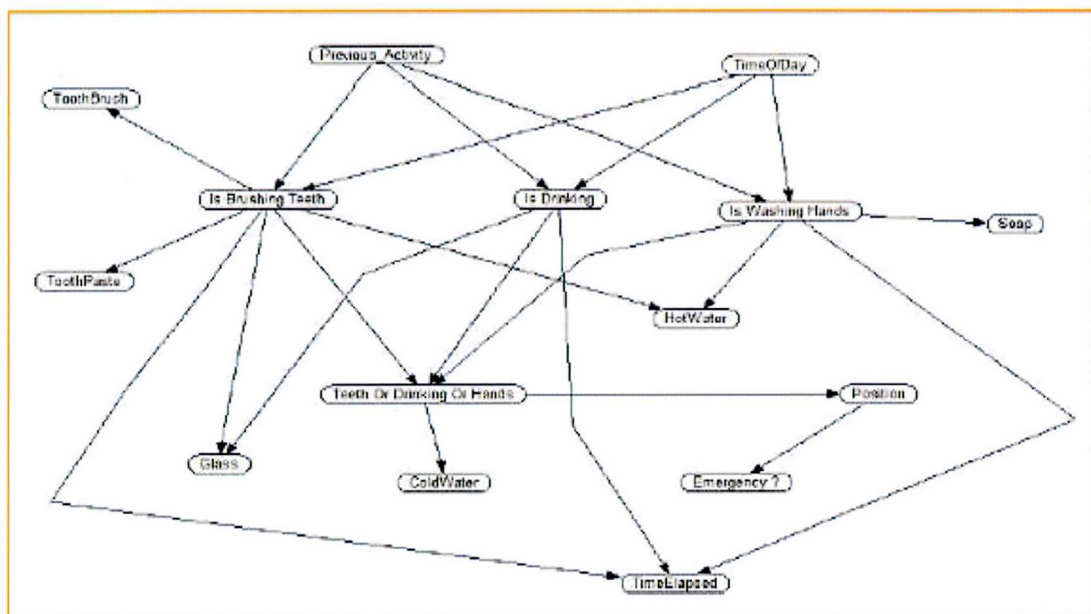


Figure 9.5 Réseau du Lavabo/Miroir selon l'approche diagnostique médicale

⁸⁸ Il est possible d'avoir plusieurs nœuds intermédiaires reliés entre eux car plusieurs maladies peuvent s'influencer l'une l'autre.

La figure ci-dessous montre « le cas où le sous-réseau de la salle de bain chargé de la zone du lavabo » déduit, en fonction des capteurs activés et non activés ainsi que des « facteurs de risque » connus, que l'activité la plus probablement en cours est « se laver les mains » (Descheneaux, 2007a).

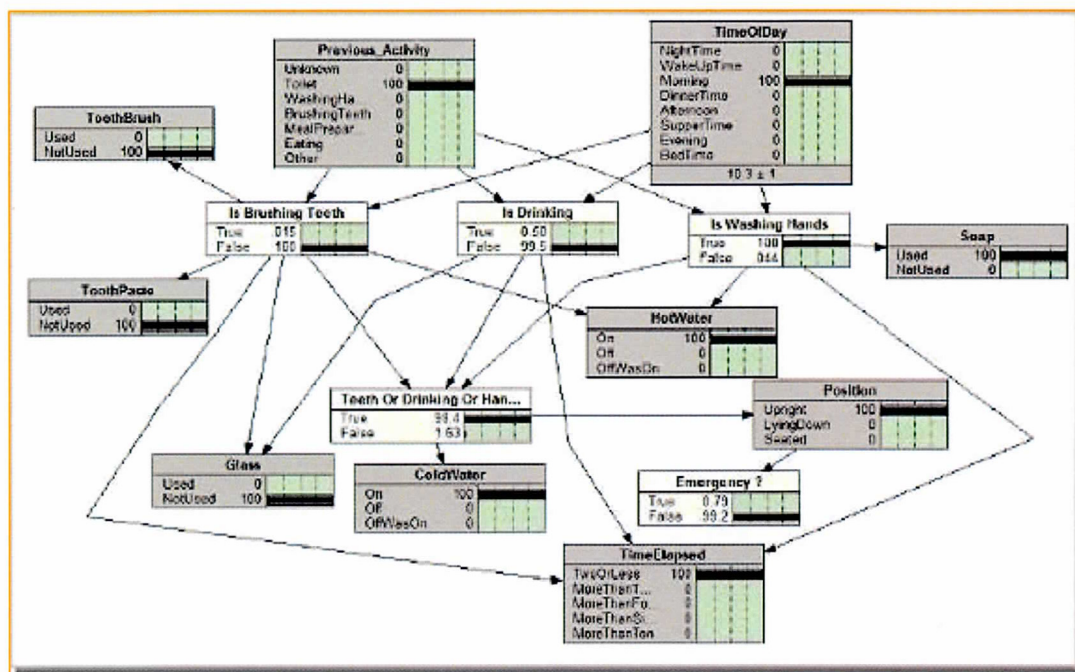


Figure 9.6 Dédution de l'activité probable « se laver les mains »

Nous montrerons dans la partie du simulateur comment l'utilisation de ces réseaux est très importante et permet d'inférer l'activité la plus probablement en cours.

9.3 Conclusion

Nous avons présenté dans le cadre de ce chapitre l'aspect lié à l'utilisation et l'instanciation des ontologies du HIT à travers les réseaux Bayésiens. Ces derniers

ont fait l'objet de travaux de recherche dans le cadre du projet de maîtrise de Mme Céline Décheneaux, toujours pour le compte de la présente recherche.

CHAPITRE X

EVALUATION ET VALIDATION : SIMULATEUR À BASE D'ONTOLOGIES DE L'HIT

10.1 Introduction

Lors du début de notre projet et à notre connaissance, il n'y avait pas encore de proposition de plate-forme basée sur les ontologies, dédiée à l'aide aux personnes vieillissantes dans un environnement d'habitat intelligent. Toutefois, certaines équipes se sont basées sur notre modèle comme point de départ à leurs travaux et cela constitue à notre sens une validation en soi de notre démarche. Nous donnerons (donnons) quelques exemples dans la suite du document.

Ce chapitre présentera en guise de validation une application correspondant au titre de ce chapitre, basée sur les ontologies que nous avons développées et, qui montre l'intérêt de leur utilisation.

10.2 Validation de notre travail

Dans sa thèse, Yassine Gargouri définit ce à quoi peut correspondre la validation d'une ontologie.

La validation d'une ontologie consiste à tester sa fidélité à la sémantique du domaine de connaissances considéré. Ceci revient à tester, non seulement la

conformité de l'ontologie par rapport au domaine, mais aussi sa complétude. La conformité de l'ontologie par rapport au domaine vise à s'assurer que les connaissances représentées dans l'ontologie correspondent exactement à la sémantique du domaine. En pratique, des tests sont appliqués sur un système implémentant une version opérationnelle de l'ontologie. Ces tests vérifient si les axiomes de l'ontologie permettent de déduire des réponses correctes à des questions qu'on pose au système. La complétude de l'ontologie par rapport au domaine est validée si toutes les connaissances du domaine sont présentes dans l'ontologie ; les tests de complétude concernent tant l'aspect terminologique que l'aspect sémantique. La complétude du niveau terminologique vise à contrôler si toutes les primitives conceptuelles du domaine sont bien présentes dans l'ontologie. L'impossibilité de représenter une question implique une incomplétude du niveau terminologique de l'ontologie. La complétude du niveau sémantique vise à contrôler si les axiomes de l'ontologie représentent bien toutes les connaissances du domaine. Ce test valide que les axiomes permettent de répondre aux questions. (Gargouri, 2009)

Cette définition fait référence aux aspects sémantiques de la validation. Ce sont ceux que le simulateur adresse. La conformité est validée par le biais des réponses aux requêtes que le simulateur adresse aux ontologies. Si ces réponses sont celles attendues, on peut supposer que les ontologies sont conformes à ce niveau. Les réponses aux requêtes servent à alimenter les traitements relatifs à la gestion de l'habitat et de ses occupants. Si ceux-ci peuvent se dérouler de manière satisfaisante et s'ils produisent les résultats escomptés, on peut alors faire l'hypothèse que les ontologies sont complètes sur ce plan.

Le simulateur servant à la validation sémantique des ontologies doit intégrer dans sa conception des éléments d'un système HIT qui utilisent ces ontologies. Ces éléments sont multiples et concernent plusieurs catégories d'acteurs. Le personnel médical peut par exemple consulter certaines ontologies pour connaître les antécédents médicaux de l'occupant de l'habitat. Le personnel technique peut consulter les ontologies de l'habitat et de l'équipement pour faire l'inventaire des dispositifs techniques installés dans l'habitat. Une des tâches essentielles du système HIT concerne la surveillance et

le contrôle des activités de l'occupant. Le simulateur est dédié à cet aspect et sert à la validation des ontologies qui lui sont relatives.

10.3 Le simulateur

Le simulateur est dédié à la gestion des événements capteurs dans l'habitat aux fins d'inférence de l'activité courante la plus probable par le biais de réseaux bayésiens. Il présente le contenu d'un habitat, les pièces, les zones d'activité de celles-ci et les capteurs situés dans ces zones. Le simulateur présente des boutons correspondants aux différents états possibles au niveau d'un capteur. Une action de l'utilisateur sur un de ces boutons simule la production d'un événement capteur lequel déclenche une inférence dans le réseau associé à la zone. La mise à jour des probabilités dans les nœuds de type activité du réseau permet de déterminer quelle peut être l'activité en cours. Pour les besoins de l'application, nous utilisons deux réseaux définis dans le cadre de la recherche qu'a menée Céline Descheneaux pour sa maîtrise (Descheneaux, 2007a). Ces deux réseaux sont celui de la zone lavabo et celui de la zone bain, douche. Pour cette maîtrise, ces réseaux ont été implantés à l'aide d'une version gratuite mais limitée du système NETICA⁸⁹. Ils ont été convertis selon la norme BIFXML (Interchange Format for Bayesian Networks)⁹⁰ pour pouvoir être importés dans la boîte à outils logicielle BNJ⁹¹. Celle-ci est publiquement disponible et dispose notamment d'un éditeur et d'une librairie de classes Java. Celle-ci est utilisée par le simulateur pour réaliser l'inférence de l'activité courante.

⁸⁹ Norsys Software Corp. Netica. Récupéré de <http://www.norsys.com/>

⁹⁰ Barber, J. M.. Converter XML BIF. Récupéré de http://fingolfin.user.cis.ksu.edu/repos/KDD/projects/bnj/v3/xmlbif/Converter_xmlbif.java

⁹¹ Kansas State University Laboratory for Knowledge Discovery in Databases (KDD). Bayesian Network tools in Java (BNJ). "http://bnj.sourceforge.net/" <http://bnj.sourceforge.net/>

10.3.1 Pourquoi ce type d'implantation?

Le simulateur doit être en mesure de réaliser des requêtes vers les ontologies. Il doit aussi inférer des activités possibles à partir de réseaux bayésiens. On doit donc pouvoir réaliser ces traitements à partir de bibliothèques existantes. Le système HIT devant pouvoir être accédé à distance pour permettre un suivi centralisé de plusieurs habitats, le simulateur se propose de respecter aussi cette exigence de manière à tester également la faisabilité technique du système. Dans ce cadre technologique, le choix de Java comme langage d'implantation est évident. Pour les ontologies on dispose en effet des classes de la bibliothèque Jena qui est librement accessible⁹² et respecte les recommandations du consortium W3C pour les langages RDF et OWL. La version utilisée est la 2.5.4, la plus récente disponible au moment de la réalisation. Pour les réseaux bayésiens plusieurs solutions de statut libre ont été testées. Le choix s'est finalement porté sur la bibliothèque BNJ dont la plus récente version est la 3 en date de juillet 2004. Cette version bien qu'ancienne était encore facilement accessible⁹³, elle s'est avérée fiable et elle est relativement bien documentée.

La plateforme de développement est NetBeans⁹⁴. Elle a été choisie en raison de sa disponibilité, sa fiabilité, sa flexibilité, l'étendue de ses possibilités et sa réputation. Le type de projet choisi pour le simulateur dans ce contexte est celui d'une application Web formée de pages serveur Java (jsp) à partir desquelles sont générés automatiquement des servlets. À chaque page jsp est associée une classe « page Bean Java », sous classe de la classe abstraite « AbstractPageBean ». Cette classe permet de définir en Java le comportement dynamique de la page telles que son initialisation,

⁹² HP Labs Semantic Web Programme. Jena – A Semantic Web Framework for Java. Récupéré de <http://jena.sourceforge.net/>

⁹³ <http://bnj.sourceforge.net/>" <http://bnj.sourceforge.net/>

⁹⁴ IDE. <http://netbeans.org>

sa destruction ou sa réponse à des événements. Les ontologies qui sont utilisées par le simulateur aux fins de validation sémantique sont mentionnées dans le Tableau 10.1

Tableau 10.1 Les ontologies pour le simulateur

Assertions_Equipment_SH_Ontology.owl
Assertions_Event_SH_Ontology.owl
Assertions_Habitat_SH_Ontology.owl
Assertions_Person_SH_Ontology.owl
Assertions_Software_Applications_SH_Ontology.owl
Equipment_SH_Ontology.owl
Event_SH_Ontology.owl
Habitat_SH_Ontology.owl
Person_SH_Ontology.owl
Software_Applications_SH_Ontology.owl

Ces ontologies sont à l'URL <http://www.gdst.uqam.ca/Documents/Ontologies/HIT/>. Le simulateur y accède de manière centralisée au moyen des assertions de l'ontologie des applications (Assertions_Software_Applications_SH_Ontology.owl) qui renseigne sur l'URI des autres ontologies, dont un extrait est donné par la Figure 10.1. Elle décrit le concept de composant ontologique qui est subsumé par le concept de représentation pour HIT et par le concept correspondant à la restriction « a au moins des assertions associées à un URI ». Autrement dit, la classe des composants ontologiques est une sous-classe de l'intersection de la classe « TSH_representation » et de celle, anonyme, qui regroupe les éléments qui vérifient la propriété d'avoir des assertions accessibles par un URI. Le concept de représentation pour HIT est lui-même subsumé par le concept défini par la restriction « a au moins un URL sous la forme d'un URI ».

```

<owl:Class rdf:about="#TSH_representation">
  <rdfs:label>Modélisation du HIT</rdfs:label>
  <rdfs:label>HIT representation</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasURL" />
      <owl:someValuesFrom
        rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI" />
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Ontology_Component">
  <rdfs:label>Ontologie</rdfs:label>
  <rdfs:label>Ontology</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#TSH_representation" />
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasAssertions" />
      <owl:someValuesFrom
        rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI" />
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>

```

Figure 10.1 Extrait de l'ontologie des applications

10.3.2 Fenêtre de lancement

Le simulateur ainsi que d'autres applications connexes sont accessibles via ce [lien](#). La page HTML obtenue (figure 10.2) permet de lancer le simulateur à l'aide du bouton « Execute » correspondant, ce qui affichera la fenêtre à la Figure 10.3.

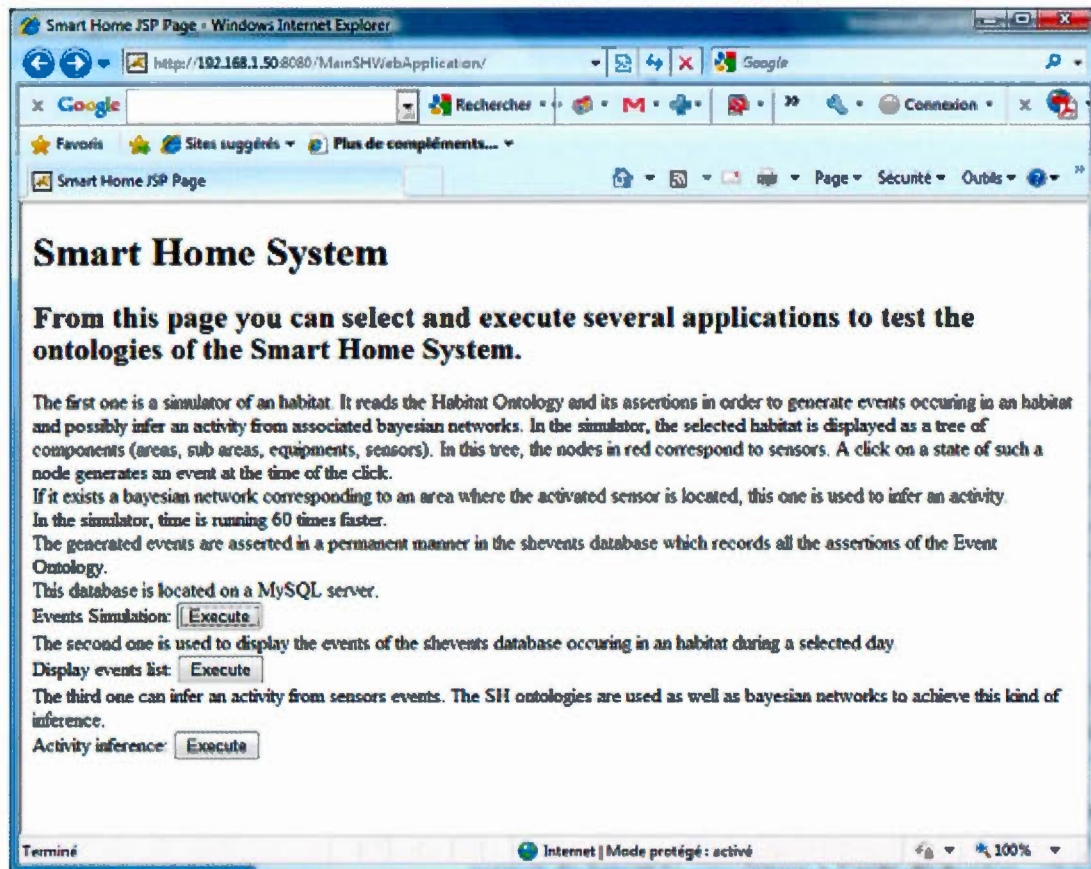


Figure 10.2 Fenêtre de lancement

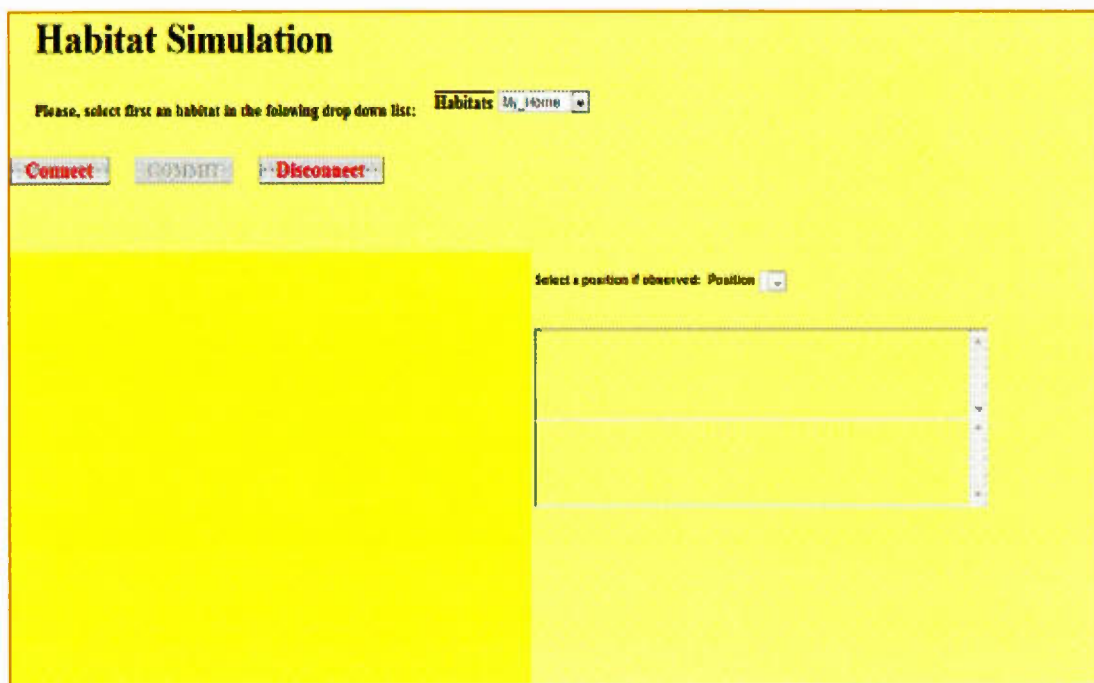


Figure 10.3 Fenêtre initiale du simulateur

Ci-après, nous donnons quelques exemples qui illustrent l'utilisation du simulateur.

10.4 Le simulateur – Exemples d'utilisation

L'exemple de la Figure 10.4 montre l'utilisation du simulateur quand l'utilisateur a dans un premier temps activé l'état « Both » du robinet de la zone bain-douche en ayant signalé une position debout de l'occupant de l'habitat. La meilleure activité inférée est alors la douche avec une probabilité un peu supérieure à 0.5.

Habitat Simulation

Please, select first an habitat in the following drop down list: Habitats MyHitHome

Connect
Commit
Disconnect

MyBathShowerFaucetSensor has been selected at: Fri Dec 11 12:11:48 CET 2009 with value Both

The best inferred activity is Shower with probability 0.5440222186034157

MyHitHome

- Dining_room:MyHitDiningRoom
- Bedroom:MyHitBedroom
 - Presence_sensor:MyHitBedRoomSensor**
 - True
 - False
- Bathroom:MyHitBathroom
 - Door:MyHitBathroomDoor
 - Open_door_sensor:MyHitBathroomDoorSensor**
 - Closed
 - Opened
 - LavaboArea:MyHitLavaboArea
 - ToothPaste:ToothPaste_2
 - Oral-B:Oral-B_1
 - Weight_sensitive_sensor:MyOral-B_1Sensor**
 - NotUsed
 - Used
 - BathShowerArea:MyHitBathShowerArea
 - Soap_dish:MySoap
 - Weight_sensitive_sensor:MySoapSensor**
 - NotUsed
 - Used
 - HotWater_faucet:MyBathShowerWaterFaucet
 - Faucet_Sensor:MyBathShowerFaucetSensor**
 - Hot
 - Off
 - Both**
 - Cold

Select a position if observed: Position Upright

TimeOfDay:SupperTime
 TimeElapsed:TwoOrLess (53460)
 Faucet:Both
 Position:Upright

Other activities inferred:
 WashingHair: 0.3176088874413663
 Bath: 0.047395246323722905

Figure 10.4 Première inférence de l'activité douche

Ensuite, il active l'état « Used » du capteur savon de la même zone (Figure 10.5). La probabilité de la douche passe à 0.98 à l'aide de cette nouvelle évidence.

Habitat Simulation

Please, select first an habitat in the following drop down list: **Habitats** MyHitHome

Connect
Commit
Disconnect
MySoapSensor has been selected at Fri Dec 11 18:12:11 CET 2009 with state Used

The best inferred activity is Shower with probability 0.9819196657804129

MyHitHome

- Dining_room:MyHitDiningRoom
- ▼ Bedroom:MyHitBedroom
 - ▼ **Presence_sensor:MyHitBedRoomSensor**
 - True
 - False
- ▼ Bathroom:MyHitBathroom
 - ▼ Door:MyHitBathroomDoor
 - ▼ **Open_door_sensor:MyHitBathroomDoorSensor**
 - Closed
 - Opened
 - ▼ LavaboArea:MyHitLavaboArea
 - ToothPaste:ToothPaste_2
 - ▼ Oral-B:Oral-B_1
 - ▼ **Weight_sensitive_sensor:MyOral-B_1Sensor**
 - NotUsed
 - Used
 - ▼ BathShowerArea:MyHitBathShowerArea
 - ▼ Soap_dish:MySoap
 - ▼ **Weight_sensitive_sensor:MySoapSensor**
 - NotUsed
 - Used
- ▼ HotWater_faucet:MyBathShowerWaterFaucet
 - ▼ **Faucet_Sensor:MyBathShowerFaucetSensor**
 - Hot
 - Off
 - Both
 - Cold

Select a position if observed: **Position** Upright

TimeOfDay:SupperTime
 TimeElapsed:MoreThanTen (1861980)
 Soap_dish:Used
 Position:Upright

Other activities inferred:
 WashingHair: 0.49276786631216507
 Bath: 0.36215736782245905

Figure 10.5 Inférence suivante dans la zone douche

Dans l'exemple suivant (Figure 10.6), le capteur utilisé est celui de l'ustensile de type Oral-B. Ce type est défini dans l'ontologie de l'équipement comme étant subsumé par le type plus général de la brosse à dent. L'évidence correspondante du réseau bayésien, « ToothBrush », est donc définie ce qui permet la déduction de l'activité brossage de dent avec une probabilité très forte.

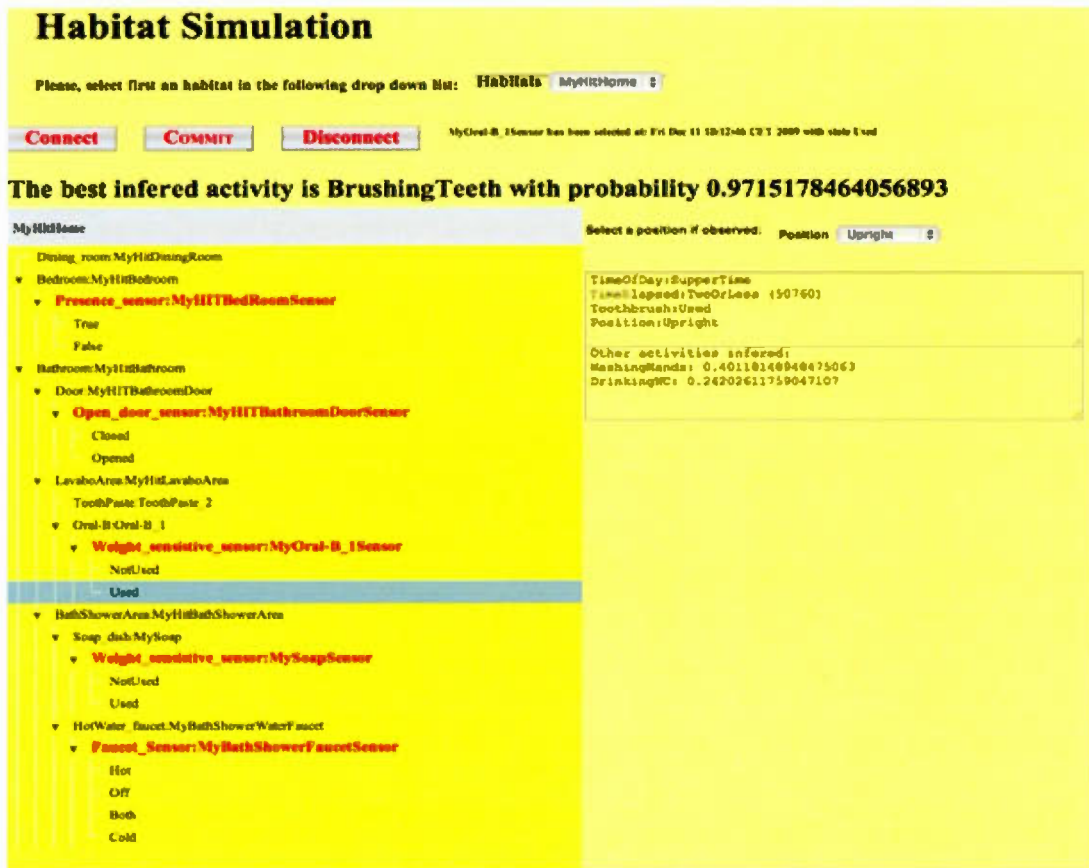


Figure 10.6 Inférence dans la zone lavabo

10.5 Conclusion

Les ontologies bien que seulement partiellement instanciées ont pu être utilisées avec succès dans la réalisation et l'utilisation de ce simulateur. Les ontologies les plus impliquées dans ce processus sont celles de l'habitat et de l'équipement. Grâce à leur utilisation, il a été possible de réaliser l'inférence d'une activité dans un habitat d'une

façon tout à fait générale puisque tout le système est configuré selon les définitions et instanciations fournies par elles. On assimile souvent les ontologies à de simples réseaux sémantiques, dans le contexte de cette simulation, comme dans celui d'une utilisation dans un habitat réel, on a pu montrer le rôle important que peut jouer la subsomption et donc l'intérêt de celle-ci. La description ontologique en OWL-DL des connaissances liées au système de l'habitat intelligent trouve là toute sa justification.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés à la problématique du vieillissement pathologique et principalement à la maladie d'Alzheimer, véritable fléau des temps modernes et grand défi pour l'humanité. Pour y faire face, plusieurs solutions sont envisagées et envisageables. Parmi ces solutions, celle des habitats intelligents en télésanté (HIT). Les deux mondes étant déjà complexes, leur mariage l'est encore plus. Notre défi à nous était d'essayer de remédier à cette complexité à l'aide d'une représentation adéquate. Pour ce faire, nous avons utilisé la technologie des ontologies, en raison des trois principes auxquels elles doivent adhérer et qui sont, l'exhaustivité, la spécification ainsi que la granularité. Notre objectif était donc de produire un méta-modèle capable de répondre à ces trois critères. Notre intérêt pour les ontologies vient aussi du fait qu'il s'agit d'une technologie du Web sémantique, assurant ainsi l'interopérabilité, le partage et la réutilisation des ressources.

Nous avons proposé un modèle ontologique composé de huit ontologies. Ces ontologies sont celles de la personne, l'habitat, l'équipement, le comportement, la tâche, les événements ainsi que les décisions. Nous avons aussi développé un prototype (le simulateur) qui permet d'inférer l'activité la plus probablement en cours en se basant sur l'instanciation de certaines ontologies mais aussi sur l'utilisation de réseaux bayésiens, lesquels ont été définis dans le cadre du travail de recherche de (Descheneaux, 2007a). Nous nous sommes aussi intéressés à l'aspect cognitif du système à travers la dimension de l'apprentissage et le raisonnement (réseaux bayésiens) et celle de la catégorisation (les ontologies étant un problème de catégorisation), pour ne se limiter qu'à ces deux aspects.

Pour récapituler et nous basant sur la Figure 8.1 de la représentation de l'architecture de la plateforme⁹⁵, nous avons défini la base des ontologies, instancié quelques unes pour les besoins du simulateur (qui constitue à son tour une partie de la couche applications et aussi de celle des interfaces).

Ceci étant dit, le plus grand défi que nous avons rencontré au cours de cette recherche est l'aspect multidisciplinaire du projet. La multidisciplinarité qui faisait référence au départ à l'aspect cognitif et celui informatique du programme d'études s'est avérée en effet beaucoup plus complexe. La complexité vient du fait qu'il fallait explorer et exploiter plusieurs champs de recherche simultanément.

Ainsi, le sujet d'étude étant une personne vieillissante en perte d'autonomie cognitive et particulièrement atteinte de l'Alzheimer, il était essentiel que nous explorions la recherche dans le domaine du vieillissement d'abord et celle concernant la maladie de l'Alzheimer ensuite. Une bonne compréhension de cette dimension est à notre sens d'une importance cruciale pour prétendre à l'efficacité du modèle en résultant. C'est d'ailleurs le pourquoi du premier chapitre. Cependant, le vieillissement est un phénomène très complexe. Combiné à la complexité des maladies dont il s'accompagne, on ne peut prétendre à son explication de façon catégorique.

Ensuite, vu que l'objectif global est de contribuer à la recherche dans le domaine des habitats intelligents, dont le noble objectif est d'assurer la sécurité et le confort de son occupant, particulièrement une personne en perte d'autonomie cognitive, ne fait que contribuer à l'augmentation de la complexité de notre projet. La finalité du deuxième chapitre est donc d'expliquer ce à quoi correspond la technologie des habitats intelligents en santé mais surtout d'essayer de faire le parallèle avec plusieurs autres concepts dont celui de l'intelligence.

⁹⁵ Un projet trop ambitieux selon les commentaires de certains pairs dans le cadre d'une conférence.

Le troisième chapitre faisait état de l'aspect de la représentation de la connaissance puisqu'il représente la problématique centrale de notre recherche. Nous avons choisi d'utiliser les ontologies en raison de leur adoption par la communauté du Web comme outil du Web sémantique. Comme toute technologie, celle des ontologies présente des avantages et des inconvénients. Nous avons mis l'emphasis spécialement sur son aspect positif.

C'est au niveau de la deuxième partie de la thèse (comme nous l'avons mentionné ci-dessus) que nous avons présenté notre contribution, à savoir le modèle ontologique, son instanciation et utilisation ainsi que sa validation via le simulateur. Nous avons opté pour une approche modulaire, afin de permettre sinon sa réutilisation totale, du moins une réutilisation partielle.

Contribution : notre modèle peut être vu comme une fondation solide à un système plus complet. D'ailleurs, certains chercheurs s'en sont inspirés dans leurs travaux. Dans sa thèse, Antonio ANDRIATRIMOSON déclare ce qui suit « *Nous avons opté pour la conception d'une ontologie adaptée au domaine de l'Assistance Ambiante, inspirée de celle développée par le laboratoire DOMUS⁹⁶ [Fatiha2007b]. Dans ce projet, l'objectif est de permettre, l'observation et l'apprentissage des comportements d'un patient. Dans [Fatiha2007a], les auteurs décrivent une ontologie constituée de sept sous-ontologies : ...Nous nous sommes basés sur ce principe de raisonnement pour décrire notre base de connaissances dédiée à l'application d'Assistance Ambiante que nous appellerons " Ontologie pour l'Assistance Ambiante " ou " Ontologie AA".* »

Aussi, les figures suivantes présentent le nombre de téléchargements de quelques publications que nous avons affichées sur le site de Researgate⁹⁷, il n'y a pas plus

⁹⁶ Il a fait erreur sur le nom du laboratoire.

⁹⁷ www.researchgate.net

d'une année. Cela montre en effet l'intérêt que porte la communauté scientifique à notre façon d'approcher cette problématique.



Figure Con.1 Téléchargements de quelques publications sur le site Researchgate

Perspectives à court, moyen et long termes : À court terme, notre modèle serait un bon début pour plusieurs autres projets de recherche, et qui cibleraient plus spécifiquement les couches des applications et interfaces. À moyen et plus long terme, la collaboration avec d'autres laboratoires de recherche et particulièrement DOMUS, permettrait de faire des simulations à plus grande échelle et donc arriver à un produit qui serait utilisable dans le monde réel.

À long terme finalement, la constitution d'une communauté d'utilisateurs dans le but d'arriver à un consensus ontologique.

APPENDICE A

SCÉNARIO DU CHAPITRE I

Un avant-goût ?

- ❑ Gisèle appelle chez sa mère Eve et lui laisse plusieurs messages lui demandant de la rappeler, sans succès. Madame Eve a 70 ans. Une femme vivant seule après une vie très active jusqu'à 65 ans... début de période de repos mérité...
- ❑ Inquiète, Gisèle se rend chez sa mère ... ce qu'elle constate la perturbe beaucoup. Sa mère était d'une humeur très maussade ... (ce qui est devenu très fréquent ces derniers temps). Le pire est qu'Eve a nié avoir reçu les appels de sa fille et l'a même accusée d'avoir menti... En vérifiant le répondeur, Gisèle a constaté que quelques messages ont été bel et bien écoutés... Elle est repartie plus **inquiète** qu'avant sa visite.
- ❑ Risque accru d'accidents liés à l'âge
- ❑ Le fait d'oublier ... **d'avoir oublié.**

APPENDICE B

IMPLANTATION ET CODE JAVA DU SIMULATEUR

La liste déroulante des habitats (Figure Habitat Simulation) est définie en fonction des assertions associées à l'ontologie de l'habitat à l'aide de la requête dont le code Java figure dans le Tableau C.1. Ce fragment de code se trouve dans la méthode d'initialisation de la page « Bean » associée à la page serveur Java. La variable « onts » contient une instance de la classe « SHTOntologies » dans le contexte de laquelle la méthode « getHabitats » permet d'obtenir la liste des chaînes qui identifient les habitats.

Tableau B.1 Code Java de la requête relative aux habitats

```
Vector<String> habitats = onts.getHabitats();
Vector<Option> items = new Vector<Option>();
for (int i = 0; i < habitats.size(); i++) {
    Option opt = new Option();
    opt.setLabel(habitats.get(i));
    opt.setValue(habitats.get(i));
    items.add(opt);
}
habitatsDropDown.setItems(items);
```

La méthode « getHabitats » accède au modèle (variable d'instance « model ») des assertions de l'ontologie des habitats pour obtenir la liste des représentants du concept dont l'URI est défini par la chaîne de même nom (Tableau B.2).

Tableau B.2 La méthode getHabitats de la classe SHTOntologies

```
public Vector<String> getHabitats() {
    Vector<String> vh = new Vector<String>();
    String uri = uriHabitatOntology + "#Habitat";
    OntClass r = model.getOntClass(uri);
    for (ExtendedIterator it = model.listIndividuals(r);
it.hasNext();) {
        Individual indx = ((Individual)
it.next()).asIndividual();
        vh.add(indx.getLocalName());
    }
    return vh;
}
```

Ce modèle, ainsi que d'autres, est créé par la construction d'une instance de la classe SHTOntology. Le Tableau B.3 contient le code de ce constructeur.

Tableau B.3 Le constructeur d'une instance de la classe SHTOntologies

```
public SHTOntologies() {
    String prefix = "http://www.gdst.ugam.ca/Documents/Ontologies/HIT/";
    OntDocumentManager mgr = new OntDocumentManager();
    OntModelSpec s = new
OntModelSpec(OntModelSpec.OWL_MEM_MICRO_RULE_INF);
    s.setDocumentManager(mgr);
    model = ModelFactory.createOntologyModel(s);
    modelEq = ModelFactory.createOntologyModel(s);
    OntModel modelT = ModelFactory.createOntologyModel(s);
    modelEvs = ModelFactory.createOntologyModel(s);
    modelT.read(prefix +
"Assertions_Software_Applications_SH_Ontology.owl");
    uriHabitatOntology = this.getOntologyUri(modelT, "Habitat");
    String uri = this.getAssertionsUri(modelT, "Habitat");
    if (uri != null) {
        model.read(uri);
    }
    uriEquipmentOntology = this.getOntologyUri(modelT, "Equipment");
    uriEquipments = this.getAssertionsUri(modelT, "Equipment");
    uriEvents = this.getAssertionsUri(modelT, "Event");
    uriEventOntology = this.getOntologyUri(modelT, "Event");
    uriPersonOntology = this.getOntologyUri(modelT, "Person");
    uriPersons = this.getAssertionsUri(modelT, "Person");
    if (uriEvents != null) {
        modelEvs.read(uriEvents);
    }
    if (uriEquipments != null) {
        modelEq.read(uriEquipments);
    }
}
```

Comme le montre ce code, les modèles des ontologies possèdent des capacités de raisonnement lesquelles sont définies par la valeur du paramètre « OWL_MEM_MICRO_RULE_INF ». Cette spécification est propre à des modèles OWL, chargés en mémoire, qui au niveau de l'inférence supportent RDFS et les axiomes de propriétés, intersection (intersectionOf), union partielle (unionOf) et les différentes formes de « a des valeurs » (hasValue) [BO]. Ces possibilités sont suffisantes dans l'état actuel des ontologies. La méthode getOntologyUri de la classe SHTOntologies permet d'obtenir à partir des assertions de l'ontologie des applications logicielles l'URI d'une ontologie du système. Le code présenté (Tableau B.4) permet d'obtenir la classe à partir de son URI et ensuite la valeur associée à la propriété « hasURL ».

Tableau B.4 La méthode getOntologyURI

```

private String getOntologyUri(OntModel modelT, String name) {
    String prefix =
"http://www.gdst.uqam.ca/Documents/Ontologies/HIT/";
    String uri = prefix + "Software_Applications_SH_Ontology.owl#"
+ name;
    OntClass r = modelT.getOntClass(uri);
    ExtendedIterator it = modelT.listIndividuals(r);
    if (it.hasNext())
    {
        Individual indx = ((Individual) it.next()).asIndividual();
        uri = prefix +
"Software_Applications_SH_Ontology.owl#hasURL";
        DatatypeProperty prop = modelT.getDatatypeProperty(uri);
        return indx.getPropertyValue(prop).toString();
    } else {
        return null;
    }
}

```

Quand l'utilisateur active le bouton « Connect » de la page, les éléments constitutifs de l'habitat sélectionné dans la liste déroulante s'affichent sous la forme d'un arbre comme le montre la (Figure 10.4). Grâce à cette représentation, il est possible de simuler une activité dans l'habitat au moyen des éléments actifs de l'arbre qui sont les états des capteurs situés dans différents lieux. Les capteurs se distinguent par la couleur rouge de la fonte utilisée pour les nommer. Chaque modification d'un état signalée par ce moyen déclenche potentiellement une inférence bayésienne si un réseau correspondant à la zone d'activité est disponible. Cette représentation est entièrement définie à partir des ontologies de l'habitat, de l'équipement et de la personne.

Le code XML de l'élément « tree » de la page serveur est fourni dans le Tableau B.5.

Tableau B.5 Le composant « arbre de l'habitat » de la page JSP

```

<webuijsf:tree
    binding="#{SHSMainPage.habitatTree}"
    id="habitatTree"
    style="background-color: rgb(255, 255, 102);
    font-family: 'Times New Roman','Times',serif;
    font-size: 12px;
    height: 700px;
    left: 0px;
    top: 200px;
    position: absolute;
    width: 502px"
/>

```

Comme la plupart des composants de la page, il est extrait de la librairie du projet Woodstock⁹⁸. Cet élément est associé à la variable d'instance « habitatTree » du « Bean » « SHSMainPage ».

Pour réaliser l'affichage de cet arbre, l'activation du bouton « Connect » déclenche la méthode « habitatbutton_action() » dont le code figure dans le Tableau B.6. L'arbre est produit en parcourant les différentes zones pour un habitat donné. Ces indications sont extraites des assertions de l'ontologie des habitats. Pour chaque zone obtenue, la méthode « defineAreaNode » définit le sous-arbre correspondant qui est ajouté à l'arbre principal. Pour l'occupant lui-même on recherche s'il est équipé d'un capteur de type « position » et si c'est le cas, on en affiche les états dans une liste déroulante. La méthode « getOccupantSensors » de la classe SHTOntology permet d'obtenir les capteurs portés par l'occupant de l'habitat passé en paramètre. Cette méthode exploite directement ou indirectement les ontologies de l'habitat, de la personne et de l'équipement. Le capteur porté par l'occupant peut être défini comme étant d'un sous-type du type « position ». Le mécanisme d'inférence lié à la subsomption est utilisé

⁹⁸ <https://woodstock.dev.java.net>

dans ce cas pour déduire cette caractéristique et faire en sorte que ce capteur soit considéré comme étant de la bonne catégorie.

Tableau B.6 Méthode « habitatbutton_action » (1ère partie)

```
public String habitatbutton_action() {
    String habitatName = (String) habitatsDropDown.getSelected();
    if (habitatName == null) {
        return null;
    }
    this.commitButton.setDisabled(true);
    habitatTree.setText(habitatName);
    habitatTree.setId(habitatName);
    String sty = "font-family: 'Times New Roman',Times,serif; font-size: 12px";
    habitatTree.setStyle(sty);
    SmartHome.SHTOntologies onts = (SmartHome.SHTOntologies)

this.getSessionMap().get("Ontology");
List nodes = habitatTree.getChildren();
habitatTree.setVisible(true);
Individual habitat = onts.getHabitat(habitatName);
this.getSessionMap().put("Habitat", habitat);
Vector<Individual> areas = onts.getAreas(habitat);
for (ListIterator<Individual> li = areas.listIterator(); li.hasNext();) {
    Individual area = li.next();
    nodes.add(defineAreaNode(onts, area));
}
List<Individual> sensors = onts.getOccupantSensors(habitat);
for (Individual sensor : sensors) {
    if (sensor.hasRDFType(onts.getUriEquipmentOntology() +
        "#Position_sensor")) {
        this.positionDropDown.setDisabled(false);
        Vector<Individual> states = onts.getSensorStates(sensor);
        Vector<Option> items = new Vector<Option>();
        Option opt = new Option();
        opt.setLabel("unknown");
        opt.setValue("unknown");
        items.add(opt);
        for (Individual state : states) {
            opt = new Option();

```

Tableau B.7 La méthode getSensors de la classe SHTOntologies

```
public Vector<Individual> getSensors(Individual area) {
    Vector<Individual> sensors = new Vector<Individual>();
    if (area == null) {
        return sensors;
    }
    String uri = uriEquipmentOntology + "#hasSensor";
    OntProperty prop = model.getOntProperty(uri);
    for (NodeIterator ni = area.listPropertyValues(prop); ni.hasNext();) {
        Individual indx = ((OntResource) ni.next()).asIndividual();
        sensors.add(indx);
    }
    return sensors;
}

```

La méthode « `defineAreaNode` » (Tableau B.8) permet de représenter dans l'arbre le contenu significatif d'une zone de l'habitat dont le nom est passé en paramètre avec une instance ontologique de la classe « `SHTOntologies` ». La méthode « `getSensors` » (Tableau B.7) de cette classe permet d'obtenir le vecteur des instances de capteurs situés dans la zone de l'habitat passé en paramètre en parcourant la liste des assertions de l'ontologie de l'équipement qui sont associés la propriété « `hasSensor` ». Les niveaux suivants de l'arbre sont équipés avec les caractéristiques des individus « capteurs » ainsi extraits des assertions de l'ontologie de l'équipement.

Tableau B.8 La méthode `defineAreaNode` (1ère partie)

```
private TreeNode defineAreaNode(SmartHome.SHTOntologies onts, Individual area) {

    if (area == null) { return null; }

    TreeNode na = new TreeNode();

    String areaType = area.getRDFType().getLocalName();

    String areaLocalName = area.getLocalName();

    na.setId(area.getLocalName());

    na.setText(areaType + ":" + areaLocalName);

    String sty = "font-family: 'Times New Roman',Times,serif; font-size: 12px";

    String stys = "font-family: 'Times New Roman',Times,serif; font-size: 14px;font-weight: bold;color: red";

    Vector<Individual> sensors = onts.getSensors(area);

    if (sensors.isEmpty()) { na.getAttributes().put("Sensor", false); }

    else { na.getAttributes().put("Sensor", true); }

    for (Individual sensor : sensors) {

        TreeNode nas = new TreeNode();
```

Les nœuds « état d'un capteur » sont définis comme activables et peuvent déclencher la méthode « `treeNodeAction` » (Tableau B.9) si l'utilisateur du simulateur les actionne. Cette méthode accède dans les ontologies aux informations nécessaires pour inférer une activité via le réseau bayésien associé à la zone du capteur si celui-ci existe. L'inférence est réalisée par la méthode « `inferActivity` » qui est appelé avec les paramètres suivants :

- `area` : la zone de l'habitat dans laquelle le capteur se trouve,
- `onts.hasBayes(area)` : méthode de la classe `SHTOntologies` qui utilise la propriété « `hasBayesNetwork` » de l'ontologie de l'habitat pour retourner l'URL du fichier XML contenant la définition du réseau bayésien (par exemple :
<http://www.gdst.uqam.ca/Documents/Ontologies/Networks/BathShowerXMLBIF.xml> pour le réseau associé à la zone bain-douche de la salle de bain, si le réseau n'existe pas la méthode retourne une chaîne nulle,
- `evidenceNode` : l'assertion décrivant le capteur,
- `state.getLocalName()` : le nom de l'état activé du capteur,
- `position` : la position (debout, assis ou couché) de l'occupant si celle-ci a été déterminée via l'interface et si l'occupant est équipé du dispositif permettant de la détecter.

La méthode « `inferActivity` » (Tableau B.10) retourne une liste de couples, nom d'une activité, probabilité, qui contient les activités en cours les plus probables. L'inférence a lieu si le réseau existe (son URL n'est pas nulle). Si le réseau en cours n'est le même que celui qui a servi pour l'inférence précédente ou si celle-ci n'a pas eu lieu,

on initialise l'inférence d'une nouvelle activité. On récupère les activités possibles pour le nouveau réseau ainsi que ses nœuds de type évidence. On utilise pour cela les fonctionnalités de la classe « Bayes ». Le réseau doit obéir à certaines règles pour que le traitement puisse se faire.

- Le réseau bayésien doit avoir 2 nœuds de décision supplémentaires. Un nœud évidence auquel sont rattaché tous les nœuds correspondants et un nœud activité qui joue le même rôle pour les activités.
- Les nœuds de type évidence correspondent aux équipements auxquels sont associés des capteurs qui permettent d'en déceler l'utilisation.
- La valeur par défaut pour les nœuds de type évidence doit correspondre au 1er état du capteur associé.
- Les noms des nœuds évidence du réseau doivent être les mêmes que ceux des équipements.

Tableau B.9 La méthode treeNodeAction

```

public String treeNodeAction() {
    this.commitButton.setDisabled(true);
    SmartHome.SHTOntologies onts = (SmartHome.SHTOntologies)
    String stateId = habitatTree.getSelected();
    TreeNode selectedState = habitatTree.getChildNode(stateId);
    Individual state = onts.getState(selectedState.getText());
    TreeNode selectedNode = (TreeNode) selectedState.getParent();
    String nodeId = selectedNode.getId();
    Date dt = new Date();
    dt.setTime(System.currentTimeMillis());
    logLabel.setText(nodeId + " has been selected at: " +
        String.valueOf(dt.toString()) +
        " with state " + selectedState.getText());
    Individual habitat = (Individual) this.getSessionMap().get("Habitat");
    Individual sensor = onts.getSensor(habitat, nodeId);
    String uri = onts.getUriEquipmentOntology() + "#hasState";
    ModelRDB modelBase = (ModelRDB) this.getSessionMap().get("ModelBase");
    Property prop = modelBase.getProperty(uri);
    Individual ev = onts.createEvent(sensor, state);
    Individual area = onts.getAreaBayesForSensor(habitat, sensor);
    TreeNode evidenceNode = (TreeNode) selectedNode.getParent();
    String position = null;
    if (!this.positionDropDown.isDisabled() && ((String)
        this.positionDropDown.getSelected()).compareTo("unknown") != 0) {
        position = (String) this.positionDropDown.getSelected();
    }
    List<Entry<String, Double>> results = this.inferActivity(area,
        onts.hasBayes(area), evidenceNode, state.getLocalName(), position);
    Collections.sort(results, new Comparator() {
        public int compare(Object arg1, Object arg2) {
            Entry<String, Double> a = (Entry<String, Double>) arg2;
            Entry<String, Double> b = (Entry<String, Double>) arg1;
            return Double.compare(a.getValue(), b.getValue());
        }
    });
    String message;
    if (!results.isEmpty()) {
        message = "The best inferred activity is " + results.get(0).getKey() +
            " with probability " +
            results.get(0).getValue();
    } else {
        message = "No inferred activity for this sequence of actions";
    }
    activityLabel.setText(message);
    message = "Other activities inferred:\n";
    for (int i = 1; i < results.size(); i++) {
        message += results.get(i).getKey() + ": " +
            results.get(i).getValue() + "\n";
    }
    resultsTextArea.setValue(message);
    for (StmtIterator pi = ev.listProperties(); pi.hasNext() &&
        modelBase != null;) {
        Statement stev = (Statement) pi.next();
        modelBase.add(stev);
    }
    this.getSessionMap().put("ModelBase", modelBase);
    this.commitButton.setDisabled(false);
}

```

Tableau B.10 La méthode inferActivity, 1ère partie

```

private LinkedList<Entry<String, Double>> inferActivity(Individual area,
String bayesFileName, TreeNode node, String state, String
position) {
    Hashtable<String, Double> results;
    if (bayesFileName == null) {
        evidencesTextArea.setValue(new String());
        return new LinkedList<Entry<String, Double>>();
    }
    String nodeId = node.getId();
    this.getSessionMap().get("Ontology");
    SmartHome.SHTOntologies onts = (SmartHome.SHTOntologies)

this.getSessionMap().get("Ontology");
    String oldBayes = (String) this.getSessionMap().get("bayes");
    if (oldBayes == null || oldBayes.compareTo(bayesFileName) != 0) {
        this.getSessionMap().put("startTime",
System.currentTimeMillis());
        Bayes net = new Bayes(bayesFileName);
        Vector<String> names = net.getNodesName();
        Vector<String> evidences, evidencesInitValues, activities;
        evidences = new Vector<String>();
        activities = net.getActivityNodeNames();
        evidences = net.getEvidenceNodeNames();
        evidencesInitValues = initializeEvidences(area, onts, net,
evidences);
        this.getSessionMap().put("bayes", bayesFileName);
        this.getSessionMap().put("evidences", evidences);
        this.getSessionMap().put("evidencesInitValues",
evidencesInitValues);
        this.getSessionMap().put("activities", activities);
    }
}

```


Tableau B.11 La méthode inferActivity (fin)

```

Vector<String> evidences = (Vector<String>)
this.getSessionMap().get("evidences");
Vector<String> evidencesInitValues =
    (Vector<String>)
this.getSessionMap().get("evidencesInitValues");
Vector<String> activities = (Vector<String>)
this.getSessionMap().get("activities");
long timeElapsed = (System.currentTimeMillis() -
    (Long) this.getSessionMap().get("startTime")) * 60;

String text = new String();
for (int i = 0; i < evidences.size(); i++) {
    if (onts.hasType(nodeId, evidences.get(i))) {
        evidencesInitValues.set(i, state);
        text += evidences.get(i) + ":" + state + "\n";
    } else if (evidences.get(i).compareTo("Position") == 0 && position != null) {
        evidencesInitValues.set(i, position);
        text += evidences.get(i) + ":" + position + "\n";
    } else if (evidences.get(i).compareTo("TimeOfDay") == 0) {
        Calendar ct = Calendar.getInstance();
        int h = ct.get(Calendar.HOUR_OF_DAY);
        String Time = new String();
        if (h >= 0 && h <= 5) {
            Time = "NightTime";
        } else if (h >= 6 && h <= 8) {
            Time = "WakeUpTime";
        } else if (h >= 9 && h <= 11) {
            Time = "Morning";
        } ...
        evidencesInitValues.set(i, Time);
        text += evidences.get(i) + ":" + Time + "\n";
    } else if (evidences.get(i).compareTo("TimeElapsed") == 0) {
        String t = new String();
        if (timeElapsed <= 2 * 60 * 1000) {
            t = "TwoOrLess";
        } else if (timeElapsed <= 4 * 60 * 1000) {
            t = "MoreThanTwoToFour";
        } ...
        evidencesInitValues.set(i, t);
        text += evidences.get(i) + ":" + t + " (" + timeElapsed + ")\n";
    }
}
evidencesTextArea.setValue(text);
Bayes bnet = new Bayes(bayesFileName, evidences, evidencesInitValues);

```

Le traitement se poursuit en récupérant, s'il y lieu, les évidences précédentes, et en injectant la nouvelle évidence qui correspond à l'évènement capteur qui a déclenché l'inférence. Cet évènement résulte de l'utilisation d'un équipement doté de ce capteur comme, par exemple, une porte doté d'un capteur d'ouverture. On ajoute à cette évidence d'autres liées à la position, à la période de la journée ou à la durée en

fonction de l'heure actuelle. Le résultat est calculé via une nouvelle instance de la classe Bayes (Tableau B.12 et Tableau B.13) créée avec ces évidences.

Tableau B.12 Classe Bayes (1^{ère} partie)

```
package SmartHome;
import edu.ksu.cis.bnj.ver3.core.*;
import edu.ksu.cis.bnj.ver3.core.values.*;
import edu.ksu.cis.bnj.ver3.streams.*;
import edu.ksu.cis.bnj.ver3.influence.Solver;
import edu.ksu.cis.bnj.ver3.influence.simple.SimpleSolve;
import java.io.*;
import java.util.*;
import java.net.*;

public class Bayes {
    public Bayes(String f) {
        try {
            URL u = new URL(f);
            URLConnection uc = u.openConnection();
            HttpURLConnection connection = (HttpURLConnection) uc;
            InputStream FIS = connection.getInputStream();
            Importer IMP = new Converter_xmlbif();
            OmniFormatV1_Reader ofv1w = new OmniFormatV1_Reader();
            IMP.load(FIS, ofv1w);
            model = ofv1w.GetBeliefNetwork(0);
        } catch (Exception ne) {
            String msg = "The net " +
                " could not be compiled, because " +
                ne.getMessage();
            System.out.println(msg);
        }
    }

    public Bayes(String f, Vector<String> evidences, Vector<String>
evidencesInitValues) {
        this(f);
        initBayes(evidences, evidencesInitValues);
        engine = new SimpleSolve();
    }

    private BeliefNetwork model;
    private Solver engine;
    private void initBayes(Vector<String> evidences, Vector<String>
evidencesInitValues) {
        for (int i = 0; i < evidences.size(); i++) {
            setEvidence(evidences.get(i), evidencesInitValues.get(i));
        }
    }

    public void setEvidence(String node, String value) {
        BeliefNode n = model.findNode(node);
        if (n == null) {
            return;
        }
        Domain d = n.getDomain();
        if (d instanceof Discrete) {
            int ind = ((Discrete) d).findName(value);
            if (ind < 0) {
                Evidence ev = n.getEvidence();
                if (ev != null) {
                    ev.set(ind, value);
                }
            }
        }
    }
}
```

Tableau B.13 Classe Bayes (2ième partie)

```

public Solver infer() {
    return engine;
}

public Hashtable<String, Double> getInferenceResults(Vector<String> acts) {
    Hashtable<String, Double> activities = new Hashtable();
    engine.solve(model);
    for (Enumeration<String> e = acts.elements(); e.hasMoreElements();) {
        String act = e.nextElement();
        BeliefNode n = model.findNode(act);
        CPF dist = engine.queryMarginal(n);
        ValueDouble d = (ValueDouble) dist.get(((Discrete)
            n.getDomain()).findName("True"));
        activities.put(n.getName(), new Double(d.getValue()));
    }
    return activities;
}

public Vector<String> getNodesName() {
    Vector<String> names = new Vector<String>();
    BeliefNode[] bns = model.getNodes();
    for (int i = 0; i < bns.length; i++) {
        names.add(bns[i].getName());
    }
    return names;
}

public Vector<String> getActivityNodeNames() {
    Vector<String> names = new Vector<String>();
    BeliefNode act = model.findNode("Activity");
    BeliefNode[] bns = model.getChildren(act);
    for (int i = 0; i < bns.length; i++) {
        names.add(bns[i].getName());
    }
    return names;
}

public Vector<String> getEvidenceNodeNames() {
    Vector<String> names = new Vector<String>();
    BeliefNode act = model.findNode("Evidence");
    BeliefNode[] bns = model.getChildren(act);
    for (int i = 0; i < bns.length; i++) {
        names.add(bns[i].getName());
    }
    return names;
}

public Vector<String> getNodeStates(String nodeName) {
    BeliefNode node = model.findNode(nodeName);
    Discrete dom = (Discrete) node.getDomain();
    Vector<String> states = new Vector<String>();
    for (int i = 0; i < dom.getOrder(); i++) {
        states.add(dom.getName(i));
    }
    return states;
}
}

```

Cette classe fait l'interface avec la librairie BNJ dont les éléments sont importés. Le fichier XML contenant la définition du réseau est lu et interprété grâce à une classe `Converter_xmlbif`⁹⁹ disponible via Internet.

Lorsque l'inférence est obtenue, l'évènement déclencheur est enregistré en tant qu'assertion dans l'ontologie des évènements laquelle est maintenue de manière persistante. Ce traitement termine l'action à entreprendre quand l'utilisateur de l'interface actionne un état capteur. Le Tableau B.14 contient la partie finale du code de la méthode.

Tableau B.14 Fin du code de la méthode `habitatbutton_action`

```
String className = "com.mysql.jdbc.Driver";
ModelRDB modelBase;
IDBConnection conn;
try {
    Class.forName(className);
    String DB_URL = "jdbc:mysql://..."; // URL of database
    String DB_USER = "...";           // database user id
    String DB_PASSWD = "...";         // database password
    String DB = "MySQL";               // database
type
    conn = new DBConnection(DB_URL, DB_USER, DB_PASSWD, DB);
    ModelMaker maker = ModelFactory.createModelRDBMaker(conn);
    modelBase = (ModelRDB) maker.createModel(habitatName);
    if (modelBase.supportsTransactions()) {
        modelBase.begin();
    }
    this.commitButton.setDisabled(false);
    //this.disconnectButton.setDisabled(false);
    this.habitatTree.setVisible(true);
} catch (Exception e) {
    conn = null;
    modelBase = null;
}
this.getSessionMap().put("Connection", conn);
this.getSessionMap().put("ModelBase", modelBase);
return null;
```

⁹⁹ Voir note (68)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albertazzi, L. (1996). Formal and Material Ontology. *Formal Ontology*. Poli, R. et Simons, P. *NIJHOFF Intl Philosophy Series*, 199-232.
- Anderson, M. (2004). Philosophical foundations for a zigzag theory structure. *Proceeding of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York, August 2004*, 4156-4164.
- Arking, R. (1991). Biology of aging : observations and principles. *Englewood Cliffs, NJ-Prentice-Hall*.
- Aronson, J. et Steele, C.M. (2005). Stereotypes and Fragibility of Academic Competence, Motivation, and Self-Concept. *Handbook of Competence and Motivation*. A.J. Elliot & C.S. Dweck, Guilford Press.
- Bachimont, B. (2000). Engagement sémantique et engagement ontologique: conception et réalisation d'ontologies en Ingénierie des connaissances. J. Charlet, M. Zacklad, G. Kassel & D. Bourigault (Eds.), *Ingénierie des connaissances, évolutions récentes et nouveaux défis*. Paris: Eyrolles.
- Bachimont, B. et al. (2002). Semantic Commitment for Designing Ontologies : A proposal. *Knowledge Engineering & Knowledge Management. Ontologies & the Semantic Web. 13th Intl Conf., EKAW2002. Següenza, Spain, Proceeding*, 114-121.
- Baldwin, C.Y. et Clark, K.B. (2000). Design Rules, Volume I: The power of Modularity. *Cambridge, Mass: MIT Press*.
- Ballain R. (1998). Logement et habitat dans les villes européennes. *Éd. L'Harmattan*.
- Barr, A. et Edward A. F. (1981). The Handbook of Artificial Intelligence, Volume 1, ed. *Stanford / Los Altos, CA: Heuris Tech Press / William Kaufmann, Inc.*
- Beardon, C. (1989). Artificial Intelligence Terminology. *A reference guide*.

- Becker, A. et Naim, P. (1999). *Les réseaux bayésiens. Modèles graphiques de connaissances*. Éd. Eyrolles.
- Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, May.
- Binet, A. et Simon, T. (1916). The development of intelligence in children. *Baltimore, Williams & Wilkins. (Reprinted 1973, New York: Arno Press; 1983, Salem, NH: Ayer Company).* pp.42-43. <http://www.indiana.edu/~intell/binet.shtml>
- Bonhomme, C. et al. (2000). Metaphors for Visual Querying of Spatio-Temporal Databases. *R.Laurini (Ed): Visual 2000, LNCS 1929, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 140-153.*
- Borgida, A. et al. (2003). Distributed Description Logics : Assimilating Information from Peer Sources. *Journal on Data Semantics, LNCS 2800. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 153-184.*
- Brisson, L. (2004). Mesures d'intérêt subjectif et représentation des connaissances. *Rapport de recherche ISRN I3S/RR/2004-35-FR. Projet EXECO.*
- Brouillet, D et Syssau, A. (2000). Le vieillissement cognitif normal. Vers un modèle explicatif du vieillissement. *Neurosciences et cognition.*
- Cai, Y. et Huynh, S. (2007). An Evolution Model for Software Modularity Assessment. *Fifth International Workshop on Software Quality.*
- Cardoso, S.H. (1997). Division of the Cerebral Cortex into Lobes. *Dans Brain & Mind* http://www.epub.org.br/cm/n01/arquitet/lobos_i.htm.
- Chaomei Chen. (2002). Information visualization. *Editorial. Information visualization Palgrave Macmillan Ltd, 1, 1 – 4.*
- Charlot, V. et Guffens, C. (Janvier 2006). Où vivre mieux? Le choix de l'habitat groupé pour personnes âgées. *Publication de la fondation Roi Baudouin. Les éditions namuroises, Belgique.*
- Charness, N. (1985). Aging and Human Performance. *John Wiley & Sons. 392p.*
- Chikhaoui, B. et al. (2010). A New Algorithm Based on Sequential Pattern Mining for Person Identification in Ubiquitous Environments. *KDD Workshop on Knowledge Discovery from Sensor Data (Sensor KDD), 19-28.*

- Cocchiarella, N.B. (1996). Conceptual realism as a formal ontology. *Formal Ontology*. Poli, R. & Simons, P. *NIJHOFF Intl Philosophy Series*, 27-60.
- Craik, F. et Salthouse, T. (2000). *Handbook of Aging and Cognition*. Erlbaum.
- Crochet-Damais, A. (2003). OWL: naissance d'un nouvel outil sur le terrain du Web sémantique. *JNet*. http://solutions.journaldunet.com/0308/030822_owl.shtml
- Crow, D & Smith, B. (1993). The role of Built-in Knowledge in Adaptive Interface Systems. *Intelligent User Interfaces*, 97-104.
- Demitris G et al. (2004). Older adults' attitudes towards and perceptions of 'smarthome' technologies: a pilot study. *Medical Informatics and The Internet in Medicine*, vol. 29, no. 2, p. 87-94.
- Descheneaux, C., Latfi, F. et Lefebvre, B. (2006) Habitat intelligent et apprentissage : Rôle des Réseaux Bayésiens. *Congrès de l'Acfas à l'université de McGill*. Montréal, Québec.
- Descheneaux C., Latfi, F. et Lefebvre, B. (2007). Activity recognition in a smart environment. *FICCDAT, 16-19 Juin*. Toronto, Canada.
- Descheneaux C. (2007a). Reconnaissance d'activités de base à l'aide de réseaux bayésiens dans le cadre d'un habitat intelligent en télésanté. *Montréal, Québec, Canada: UQAM, Mémoire de maîtrise*.
- Eliasmith, C. A. (2003). Neurosemantics for categories. *Cognitive Science on Categorization - UQAM Summer Institute*.
- Elin K. J. (2003). Ontologies and the Semantic Web. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 29, No. 4. <http://www.asis.org/Bulletin/Apr-03/jacob.html>
- Elzabadani H., Helal A., Abdulrazak B. et Jansen E. (2005). Self-Sensing Spaces: Smart Pligs For Smart Environments. *From smart homes to smart care*. ICOST2005. IOS Press, 91-98.
- Encyclopedia of computer science. (2000). Ralston, A., Reilly, E.D. et Hemmendinger, D. (Editors). *Fourth edition*.
- Essa I.A. (1999). Ubiquitous Sensing for Smart and Aware Environments: Technologies towards the building of an Aware Home. *Position Paper for the DARPA/NSF/NIST Workshop on Smart Environments*.

- Faria, L. (2006). Personal conceptions of intelligence: definition, differentiation and emergence as an organizer and integrative model of other motivational constructs. *Psicologia, XX, 2, 11-43*.
- Fernandez, A et al. (1997). METHONTOLOGY : From ontological arts towards ontological engineering. *Dans proceedings of AAAI97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering, Stanford, USA, 33-40*.
- Corazzon, R. [s. d.]. Descriptive and Formal Ontology : A Ressource Guide to Contemporary Research. Récupéré <http://www.ontology.co/>
- Gerbé, O. et al. (2003). La métamodélisation et les graphes conceptuels. *Cahier du GreSI no 03-02, Udm*.
- Goldstone, R. (2003). Translating between conceptual systems. *Dans Cognitive Science 2003 on Categorization. UQÀM Summer Institute*.
- Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition, 5: 199-220*.
- Guarino, N. (1997). Understanding, Building, And Using Ontologies. A commentary to Using Explicit Ontologies. *Dans KBS Development. Ed. van Heijst, Schreiber et Wielinga. LADSEB-CNR, National Research Council Corso Stati Uniti 4, I-35127 Padova, Italy*.
- Gardner, H. (1983). Frames Of Mind: *The Theory Of Multiple Intelligences*.
- Gargouri, Y. (2009). Contribution à la maintenance des ontologies à partir d'analyses textuelles: extraction de termes et de relations entre termes. *Thèse de doctorat en informatique cognitive. UQAM, Montréal*.
- Gershon, N. et Eick, S.G. (2006). Information visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*.
<http://www.cs.duke.edu/courses/spring03/cps296.8/papers/GuestEditor'sInfoVisIntroduction.pdf>
- Giroux, S. et al. (2002). Smart house for frail and cognitive impaired elders. *UbiCog '02: First International Workshop on Ubiquitous Computing for Cognitive Aids, Göteborg (Gothenburg) , Sweden*.
- Goertzel, B. (1993). The Structure of Intelligence. *New York, NY: Springer-Verlag*.

- Grau, B. Cuenca, Horrocks, I., Kazakov, Y. et Sattler, U. (2007). A Logical framework for Modularity of ontologies. *IJCAI-07*.
- Grisar, T. (2004). Le déterminisme biologique et social du concept d'intelligence: la signification évolutive de l'intelligence humaine. *Récupéré de* http://www.ulg.ac.be/slemul/publi/2004_grisar.html.
- Guthrie, E.R. (1946). Psychological Facts and Psychological Theory. *Psychological Bulletin*, 43, 1-20.
- Han, S. Paik. (1998). One Intelligence or Many? Alternative Approaches to Cognitive Abilities. *Récupéré de* <http://www.personalityresearch.org/papers/paik.html>
- Holger, K. et al. (2004). Weaving the biomedical semantic web with the protégé owl plugin. *CEUR Workshop Proceedings, Electronic Edition*, 39–47.
- Husserl, E. (1970). Logical Investigations. *Routledge*.
- Rayner, W. (1999). The international Dictionary of Artificial Intelligence. *Glenlake Publishing Company, Ltd., Chicago, p. 213. 1999*.
- Inwagen, P.V. (2001). Ontology, Identity And Modality. *Essays in metaphysics. Cambridge studies in philosophy*.
- Jacquette, D. (2002). Ontology. Central problems of philosophy. *General Editor ; Shand, J.*
- Kadouche, R et al. (2010). Support Vector Machines for Inhabitant Identification in Smart Houses. *UIC*, 83-95.
- Kemper, S. et Kemtes, K. (2000). Aging and Message Production and Comprehension. *Dans Primer in Cognitive Aging. Psychology Press. Park, D. et Schwartz, N., 197-213*.
- Kruschke, J.K. (2005). Category learning. In Handbook of cognition. *Edited by K. Lamberts and R.L. Goldstone, 183-201*.
- Latfi, F. et Lefebvre, B. (2005). A cognitive system for a Smart Home Dedicated to People in Loss of Autonomy. From smart homes to smart care. *ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec, 245-254*.
- Latfi, F., Descheneaux, C et Lefebvre, B. (2006). Machine learning: Providing a safe environment to elderly people by means of an intelligent system. *Submitted to*

- CITSA 2006. The 4th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies. Orlando, Florida, USA.*
- Latfi, F., Descheneaux, C et Lefebvre, B. (2007). Ontology-based management of the telehealth smart home, dedicated to elderly in loss of cognitive autonomy. *OWLED 2007, Innsbruck, Austria.*
- Latfi, F., Descheneaux, C et Lefebvre, B. (2007a). Habitat intelligent en télé-Santé : ontologie de l'équipement. *FICCDAT, Toronto.*
- Latfi, F., Descheneaux, C et Lefebvre, B. (2007b). Habitat intelligent en télésanté: ontologie du comportement et gestion des interfaces usagers. *Colloque « Les nouvelles technologies au service du maintien à domicile » organisé par le laboratoire DOMUS au 75ème congrès de l'Acfas, UQTR, Mai 2007.*
- Latfi, F., Descheneaux, C et Lefebvre, B. (2007c). Le rôle de l'ontologie de la tâche dans un habitat intelligent en télé-santé. *1ères Journées Francophones sur les Ontologies. 18-20 Oct. Sousse, Tunisie.*
- Laville, A. (1989). Viellissement et travail. *Dans Le travail humain, Vol.52 N°1 Mars 1989, pp. 3-20 PUF.*
- Lefébure R. et Venturi, G. (1998). Le datamining. *Eyrolles. Informatique magazine. Paris, p.163.*
- Lindenberg, U. et Baltes, P.B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age : a strong connection. *Psychology and Aging, 9, 339-355.*
- Lindeboom, J. et Weinstein, H. (2004). Neuropsychology of cognitive ageing, minimal cognitive impairment, Alzheimer's disease, and vascular cognitive impairment. *European Journal of Pharmacology 490, 83-86.*
- Luger G.F. (2002). Artificial Intelligence, structures and strategies for complex Problem Solving. *Addison Wesley, Fourth edition.*
- Maedche, A. (2002). Ontology learning for the Semantic Web. *Kluwer Academic Publishers.*

- Magnan, F. et Reyes, G. E. (1994). Category Theory as a Conceptual Tool in the Study of Cognition. *The Logical Foundations of Cognition*, Oxford University Press.
- Malone, J. et Parkinson, H. (2010). Reference and Application Ontologies. *Ontogenesis*. Récupéré de <http://ontogenesis.knowledgeblog.org/295>.
- Martin S., Nugent C. et Porter-Armstrong A. (2005). User-Perspectives: Living and Working within a 'Smart Home' Environment. *Dans From smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press, 33-41*.
- Meunier, J-G. (2002). Trois types de représentations cognitives. *Visio*, 6(2-3), 186-204.
- Meunier, J-G. (2003). Commentary naturalization of categories. *Dans Cognitive Science on Categorization, UQAM Summer Institute*.
- Mizoguchi, R. (2004). Essentials of Ontological Engineering. 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Brazil.
- Mynatt, E.D., Essa, I. et Rogers W. (2000). Increasing the opportunities for Aging-in-Place. *Proceedings of ACM Conference on Universal Usability*.
- Neath, I et Surprenant, A.M. (2005). Mechanisms of Memory. *Handbook of cognition. Edited by K. Lamberts and R.L. Goldstone, 221-238*.
- Negnevitsky, M. (2001). Artificial Intelligence. *A Guide to Intelligence Systems. Addison-Wesley*.
- Nirenburg, S. et al. (2001). Ontological Semantics, Formal Ontology, and Ambiguity. *FOIS'01, October 17-19, Ogunquit, Maine, USA, pp. 151-161*.
- Noy, F.N. et al. (2001). Développement d'une ontologie 101 : Guide pour la creation de votre première ontologie. *Traduit de l'anglais par Anila Angjeli, BnF, Bureau de normalisation documentaire. Disponible à SMI Technical Report SMI-2001-0880 et KSL Technical Report KSL-01-05*.
- Noy F. N, Ushold M et Welty C (2005). Representing classes as property values on the semantic web. *W3C Working Group Note 5*. Récupéré de <http://www.w3.org/TR/swbp-specified-values>
- O'Connor, M. (2006). Semantic Web Rule Language. Récupéré de <http://protege.cim3.net/file/work/files/SWRL/SWRLTalkProtegeShortCourse2006.pdf>.

- Panaccio, C. (2003). Nominalism and the theory of concepts. Dans *Cognitive Science 2003 on Categorization, UQAM Summer Institute*.
- Paraire, M. (2001). Philosophie et métaphysique. *Texte écrit et déposé à la Société des Gens de Lettres (N°2001.11.0206)*. Récupéré de <http://www.heraclitea.com/meta1.htm>.
- Park, D.C. (2000). The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. Dans *Primer in Cognitive Aging*. Psychology Press. Park, D. et Schwartz, N., 3-21.
- Park, D.C. et Schwartz, N. (2000). *Primer in Cognitive Aging*. Psychology Press.
- Perzanowski, J. (1996). The way of truth. Formal Ontology. Poli, R. & Simons, P. *NIJHOFF Intl Philosophy Series*. 61-130.
- Peuquet, D. et al. (1998). The Ontology of Fields. *Report of a Specialist Meeting held under the auspices of the Varenus Project (June 11-13)*.
- Phaneuf, M. (1998). Le vieillissement perturbé. Les soins aux personnes qui souffrent de la maladie d'Alzheimer. *Les éditions de Chenetiere inc.*
- Pigot, H. et al. (2002). Le rôle de l'habitat intelligent dans le maintien à domicile des personnes âgées. 3ème symposium « la télé santé, une vision à partager », Québec, Canada.
- Pigot, H. et al. (2003). The role of intelligent habitats in upholding elders in residence. *5th International conference on Simulations in Biomedicine, Slovenia*.
- Pigot, H. et al. (2007). L'assistance cognitive dans les habitats intelligents pour favoriser le maintien à domicile. *Les Publications du CRIR, PUB-003 -Défis technologiques*, 14-25.
- Poli, R. (1995). Bimodality of Formal Ontology and Mereology. *Int. J. Human-Computer Studies*, 43, 687-696.
- Polyakov, L.M. (2002). Structured Approach to the Intelligent System Design. Dans *Proceedings of Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop (PerMIS - 02), Gaithersburg, MD on August. Globe Inst of Tech New York NY*. Récupéré de <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA516322>.
- Prince, V. (1996). Vers une informatique cognitive dans les organisations. *Paris, Masson, 190p*.

- Prinz, J. (2003). The return of conceptual empirism. Dans *Cognitive Science on Categorization, UQÀM Summer Institute*.
- Proust, J. (1997). Perception et Intermodalité. *Presse Universitaire de France*.
- Rantz M.J. et al. (2005). TigerPlace: A New Future for Older Adults. *Journal of Nursing Care Quality, January-March 2005, vol. 20, no. 1, 1-4*.
- Rector, A. (2003). Modularization of domain ontologies implemented in description logics and related formalisms including OWL. Dans *K-CAP'03, Oct. 23-25. Sanibel Island, Florida*.
- Rector, A. (2005). Representing specified values in OWL: value partition and value sets. *W3C Working Group Note 17 May 2005*. Récupéré de <http://www.w3.org/TR/swbp-specified-values>
- Reuter-Lorenz, P. A. (2000). Cognitive Neuropsychology of aging. Dans *Primer in Cognitive Aging. Psychology Press. Park, D. et Schwartz, N., 93-114*.
- Reuter-Lorenz, P. A. (2002). New Visions of the Aging Mind and Brain. *Trends in Cognitive Sciences, vol. 6, no. 9, 394-400*.
- Rialle, V. (1997). L'I.A. et sa place dans les sciences de la cognition. In *Sciences cognitives : diversité des approches. Sous la direction de M.B. Gordon & H. Paugam-Moisy. Hermes. Chap. 16, 167-177*
- Rialle, V. et al. (2002). Smart home: information technology for patients at home. *Telemed Journal and E-Health 8, no. 4: 395-409*.
- Roche, C. (2003). Ontology : A Survey. *University of Savoie. Équipe Condillac – Compus scientifique*. Récupéré de <http://ontology.univ-savoie.fr>.
- Roche, C. (2004). Ontologie – *Ontology Craft Workbench (OCW) and OK Station*.
- Rogers, W. A., and Mynatt, E. D. (2003). How can technology contribute to the quality of life of older adults? *The technology of humanity: Can technology contribute to the quality of life? p. 22-30*.
- Russell, D. L.C.S.W., de Benedictis, T. et Saisan, J. M.S.W. (2012). Dementia and Alzheimer's Care. Planning and Preparing for The Road Ahead. Récupéré de http://www.helpguide.org/elder/alzheimers_disease_dementias_caring_caregivers.htm#developing

- Salthouse, T.A. (2000). Pressing Issues in Cognitive Aging. Dans *Primer in Cognitive Aging*. Psychology Press. Park, D. et Schwartz, N., 43-54.
- Sauer, S et al. (2006). GuiBuilder—A Tool for Model-Driven Development of Multimedia User Interfaces. Dans *Proceedings of the MoDELS'06 Workshop on Model Driven Development of Advanced User Interfaces*. Genova, Italy. Récupéré de <http://planetmde.org/mddai2006>
- Segaud, M., Bonvalet C. et Brun J. (1998). Logement et habitat : l'état des savoirs. *Ed. La découverte*.
- Shallice, T. (1995). Symptômes et modèles en neuropsychologie : des schémas aux réseaux. *Trad. de l'Anglais par Maryse Siksou. Presses universitaires de France. Paris*.
- Shapiro, S.C. et Eckroth, D. (1987). Encyclopedia of Artificial Intelligence. V1. p. 540.
- Silver, H.F. et al., (2000). So each may learn : integrating learning styles and multiple intelligences. *ASCD product No. 100058. USA. ISBN 0-87120-387-1*.
- Smith, B. (2003). Ontology. *Draft version of chapter published in Luciano Florodo (ed.) Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information, Oxford: Blackwell, 155-166*.
- Sowa, J.F. (2004). Ontology. Words of Wisdom. Page récupérée de <http://www.jfsowa.com/ontology/>
- Staszak J.-F. (2001). L'espace domestique : pour une géographie de l'intérieur. *Annales de géographie n°620, spécial « Espaces domestiques »*.
- Thagard, P. (2003). Categorization and conceptual change. Dans *Cognitive Science on Categorization*. UQAM Summer Institute.
- Tetlow, P., Pan, J..Z., Oberle, D., Wallace, E., Ushold, M. and Kendall, E. (2006). Ontology driven architectures and potential uses of the semantic web. *Systems and software engeneering. W3C Working Group, Editors*. <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/SE/ODA>.
- Trouillard E. (s.d.). Logement et habitat(ion) : De l'espace géométrique au « home, sweet home ». *Carthagéo. Rendu dans le cadre du cours de M. Christian Grataloup*

- UrbaLyon. (2012). Habitat et modes de vie - Un état des savoirs théoriques et des pistes de réflexion appliquées - *Tome 1*. Récupéré de <http://www.urbalyon.org/>
- Uschold, M. et al. (1996). Ontologies : Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, Vol. 11.2. 93-136.
- Van der Linden, M. & Hupet, M. (1994). Le vieillissement cognitif. *Paris : PUF*.
- Vercauteren, R. (2001). Pratiques gérontologiques. Une architecture nouvelle pour l'habitat des personnes âgées. *Ramonville Saint-Agne : Édition Éres*.
- Virone, G. et al. (2003). Modeling and Computer Simulation of Physiological Rhythms and Behaviors at Home for Data Fusion Programs in a Telecare System. *5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry, HealthCom 2003, Santa Monica, California*.
- Wagnon, M.J. (Ed.) (1937). Readings in Educational Psychology. *New York : Houghton Mifflin*.
- Web Ontology Language. (2004) W3C Recommendation 10 February 2004. Récupéré de <http://www.w3.org/TR/2004/>
- Wikipedia (s.d.) Reasoning. Wikipedia, the free encyclopedia. Récupéré de <http://en.wikipedia.org/wiki/Reasoning>
- Wingfield, A. (2000). Speech Perception and the Comprehension of Spoken Language in Adult Aging. Dans *Primer in Cognitive Aging*. *Psychology Press*. Park, D. et Schwartz, N., 175-195.
- Winston, P.H. (1988). Intelligence Artificielle. *IIA, InterEditions, Paris. Adison-Wesley Europe*. ISBN 2-7296-0134-1
- Woolfolk, H.A. (2006). Educational Psychology. *10th Edition*.
- Young, M.E. et Wasserman, E.A. (2005). Theories of learning. Dans *Handbook of cognition*. Edited by K. Lamberts and R.L. Goldstone, 161-182.
- Zúñiga, G.L. (2001). Ontology: its transformation from philosophy to information systems. *2nd International Conference on Formal Ontology in Information Systems, FOIS 2001, Ogunquit, Maine, USA, October 17-19. Proceedings. ACM*, 187-197.